Niederschlag, Abfluß und Verdunstung

auf den Landflächen der Erde.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der hohen philosophischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Richard Fritzsche

aus Neuwied am Rhein.

Halle a. S.

1906.

Referent:

Herr Professor Dr. Brückner.

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

Einleitung 5

Methoden zur Berechnung der mittleren Niederschlagshöhe 6

Ausführung der Arbeit

Berechnung der Niederschlagsmengen 9

Zusammenstellung und Kritik der vorhandenen Angaben über die Wassermenge der Flüsse 12

Diskussion der Resultate

Die Niederschlagsmenge der Erde 30

Abflufs und Verdunstung 32

Die Bilanz des Wasserhaushalts der Erde 36

Tabellen 40

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546024_0140

Sonderabdruck
aus der
Zeitschrift für Gewässerkunde
Band 7, Heft 6, Seite 321—370.
Herausgegeben von
Professor Dr. H. Gravelius in Dresden.

Niederschlag, Abfluſs und Verdunstung auf den Landflächen der Erde.

Von

Richard Fritzsche aus Neuwied a. Rh.

Im Jahre 1887 bestimmte John Murray[1]) die gesamte im Laufe eines Jahres auf der festen Erdoberfläche fallende Niederschlagsmenge und gab eine Zusammenstellung der Niederschlags- und Abflufsmengen für 33 Flüsse, aus denen er den mittleren Abflufsfaktor des Festlandes zu 22 % ermittelte. Aus diesen Daten hat dann Brückner die Verdunstung auf den Landflächen der Erde[2]) abgeleitet, die Herkunft des Regens auf dem Festland[3]) erörtert und eine Bilanz des Kreislaufs des Wassers auf der Erde[4]) aufgestellt. Murray stützte sich bei seiner Auswertung des Niederschlags auf die von Loomis[5]) veröffentlichte Regenkarte der Erde. Diese Karte ist heute von der von A. Supan[6]) überholt, die im einzelnen viele Abweichungen von jener zeigt. Auch haben sich in den 19 Jahren, die seit dem Erscheinen

[1]) John Murray, On the total annual Rainfall of the Land of the Globe. Scottish Geogr. Magazine Vol. III. 1887.

[2]) Meteorologische Zeitschrift 1887, Litt.-Ber. S. 63.

[3]) Geographische Zeitschrift 1900 S. 89.

[4]) ibid. 1905 S. 436.

[5]) American Journal of Science Bd. 23. 1882. Es ist aus Murrays Text nicht ersichtlich, ob er die erste Ausgabe von 1882 oder die zweite mit Berücksichtigung der Bemerkungen Woeikofs und anderer entworfene (ibid. Bd. 25. 1883) benutzte.

[6]) Supan, Die Verteilung des Niederschlags. Ergänzungs-Heft 124 zu Peterm. Mitt. 1898.

von Murrays Arbeit verflossen sind, die Beobachtungen über die Wasserführung der Flüsse beträchtlich vermehrt, so dafs wohl eine Neuberechnung von Niederschlag, Abflufs und Verdunstung auf der Erdoberfläche angezeigt erschien.

Drängte so schon die Vermehrung des Materials zu einer Wiederholung der Murrayschen Ableitung, so kam noch als weiterer Grund hinzu, dafs Murray die mittlere Niederschlagsmenge nach einer nicht ganz einwandfreien Methode bestimmte. Überhaupt scheint den Angaben Murrays eine gewisse Unzuverlässigkeit anzuhaften. Wenigstens ergeben sich für 7 der 33 Flüsse nach den von Murray gegebenen Niederschlags- und Abflufsmengen andere Abflufsfaktoren, als sie Murray veröffentlicht[1]). Ob diese Abweichungen sich auf Druckfehler oder Irrtümer bei der Berechnung zurückführen, konnte ich nicht entscheiden. Diese Abweichungen erreichen zum Teil eine nicht unbeträchtliche Gröfse, z. B. beim Amazonenstrom fast 33 %. Berücksichtigt man nun, dafs gerade dieser Strom infolge seines grofsen Entwässerungsgebietes und seiner bedeutenden Wasserführung mit sehr grofsem Gewicht in das Mittel für die ganze Erde eingeht, so erscheinen die Murrayschen Resultate durchaus revisionsbedürftig.

Aus diesen Gründen unternahm ich es auf Anregung des Herrn Prof. Dr. Brückner, im geographischen Institut der Universität Halle die jährliche Niederschlags-, Abflufs- und Verdunstungsmenge der festen Erdoberfläche einer Neuberechnung zu unterwerfen.

Methoden zur Berechnung der mittleren Niederschlagshöhe.

1. Es handelt sich zunächst darum, die mittlere Niederschlagshöhe verschiedener Gebiete zu bestimmen. Dies geschieht am besten in der Weise, dafs wir auf Grund einer Regenkarte das gesamte Niederschlagsvolumen feststellen, das auf das betreffende Gebiet in mehrjährigem Durchschnitt pro Jahr fällt. Für Volumbestimmungen aller Art wird in neuerer Zeit meist, und zwar mit sehr gutem Erfolg, die von Penck eingeführte Methode der hypsographischen Kurve benutzt. Diese habe auch ich für die Bestimmung des Volumens des Niederschlags der einzelnen Erdteile, Flufsgebiete und Breitenzonen angewandt. Wir können uns über einem Kontinent den im Laufe eines Jahres fallenden Niederschlag aufgestapelt denken. Dieses Regenvolumen, das wir so erhalten, wird nach oben von einer gekrümmten Fläche begrenzt. Diese können wir uns durch Isohypsen

[1]) Für den Rhein gibt Murray als Abflufsfaktor 1:2,049 an; ich fand aus seinen Daten für Niederschlag und Abflufs 1:1,931; ebenso fand ich beim Indus 1:4,011 statt 1:4,886; beim Ganges 1:12,684 statt 1:16,169; beim Irawadi 1:2,198 statt 1:2,256; beim Amazonas 1:5,368 statt 1:8,009; beim Congo 1:2,893 statt 1:3,213; beim La Plata 1:4,793 statt 1:6,091.

auf einer Karte zur Darstellung bringen. Diese Isohypsen sind offenbar in unserem Falle nichts anderes als die Isohyeten. Wie man nun das Volumen eines Gebirgskörpers dadurch bestimmt, daſs man die zwischen zwei Isohypsen gelegene Fläche miſst, dann die hypsographische Kurve konstruiert und so das Gesetz findet, nach dem die Isohypsenflächen mit wachsender Höhe abnehmen, so messen auch wir die zwischen zwei Isohyeten gelegenen Flächen und konstruieren mit Hilfe der erhaltenen Areale eine Kurve, welche uns das Gesetz gibt, nach dem die Areale mit wachsendem Niederschlag abnehmen. Die Ausmessung der durch die Kurve und die beiden Achsen begrenzten Fläche ergibt dann das gesamte Regenvolumen, das auf die betreffende Landfläche fällt. Die Division dieses Regenvolumens durch die Grundfläche gibt uns den mittleren Niederschlag. Bei der Konstruktion der hypsographischen Kurve wurden, um Willkürlichkeiten möglichst zu vermeiden, zunächst die eingetragenen Fixpunkte durch gerade Linien miteinander verbunden, diese Linien über die Fixpunkte hinweg verlängert und dann die Kurve so gezogen, daſs sie die Winkel zwischen je zwei Geraden halbierte[1]).

Diese Methode hat den Vorzug, daſs sie sich den natürlichen Verhältnissen am besten anschmiegt und keine willkürlichen Voraussetzungen über die mittlere Höhe jeder Stufe macht.

Es haben sich allerdings gegen diese graphische Berechnungsweise auch Einwände erhoben, welche namentlich die Willkür hervorheben, die dem Zeichner der hypsographischen Kurve gelassen sei. Ein gewisser Spielraum ist allerdings vorhanden, wenn er auch durch die oben angegebene Methode wesentlich eingeschränkt erscheint; aber darum ist, wie Penck[2]) ausführt, „dieses Verfahren nicht um einen Grad willkürlicher als die Volumberechnung nach irgend welcher Formel, wobei die stillschweigende und deshalb oft nicht recht zum Bewuſstsein kommende Voraussetzung die ist, daſs das zu berechnende Volumen ein geometrisch regelmäſsiger Körper sei. Gerade die Konstruktion dieser Kurve beseitigt eine gewisse Willkürlichkeit, unter der alle Volumenformeln leiden, nämlich daſs die ausgemessenen Höhenschichten als ein- oder ausspringende Kanten des berechneten Volumens entgegentreten“.

2. Murray bestimmte die mittlere Niederschlagshöhe eines Gebietes folgendermaſsen: Er maſs auf der Loomisschen Karte die von zwei Isohyeten eingeschlossene Fläche und nahm für dieselbe eine mittlere Niederschlagshöhe gleich dem arithmetischen Mittel der Werte der beiden einschlieſsenden Isohyeten an, so wie er es früher bei der Berechnung des Volumens

[1]) Vgl. Heiderich, Die mittlere Höhe Afrikas. Peterm. Mitt. 1888 S. 209.

[2]) Penck, Die Volumberechnung von Höhen und Tiefen der Erdoberfläche. Peterm. Mitt. 1890. S. 154.

der Kontinente aus dem Flächeninhalt der von je zwei Isohypsen eingeschlossenen Fläche getan. Dies Verfahren erklärt Penck für die Volumbestimmung mit Recht als mit einem fundamentalen Fehler behaftet. Das gleiche gilt auch im Falle der Bestimmung des Niederschlagsvolumens. Denn die Oberfläche unseres Regenkörpers der Festländer der Erde ist im allgemeinen frei von Diskontinuitäten und steigt von den Gebieten geringeren Niederschlags zu denen höchsten Niederschlags an. Diese Eigenschaft kommt in der hypsographischen Kurve zum Ausdruck; sie geht aber verloren, wenn man Murrays Methode der Auswertung anwendet. An Stelle der hypsographischen Kurve tritt, wie Penck gezeigt hat, hier eine Kurve, deren einzelne Teile zwischen den Fixpunkten girlandenförmig aufgehängt erscheinen. Die Oberfläche des Niederschlagskörpers, wie er sich bei Anwendung der Murrayschen Methode darstellt, zeigt also gar kein kontinuierliches Ansteigen, sondern an den ausgemessenen Isohyeten aus springende Kanten.

Aus diesen Erwägungen wurde die graphische Methode den folgenden Berechnungen der mittleren Niederschlagshöhe überall zugrunde gelegt und damit, wie noch zu zeigen, ein beträchtlicher Grad der Genauigkeit erreicht.

3. Eine andere Methode zur Berechnung der mittleren Niederschlagshöhe hat jüngst Bezdek[1]) angewendet, dessen Arbeit sich ebenfalls auf die Supansche Karte stützt. Er konstruierte Profile des Niederschlags für jeden 10. Parallelkreis, indem er auf einer Abszissenachse Strecken auftrug, die den über die Festländer laufenden Strecken der Breitenkreise entsprachen. In den Schnittpunkten der Isohyeten errichtete er Ordinaten, auf welchen die entsprechenden Niederschlagsmengen im Mafsstab 1 : 50 abgetragen wurden. Diese Profile mafs er planimetrisch aus und erhielt so durch Division durch die Länge des Profils die mittlere Niederschlagshöhe jedes Parallelkreises. Die mittlere Niederschlagshöhe jeder einzelnen 10°-Zone berechnete er dann als arithmetisches Mittel derjenigen der begrenzenden Parallelkreise. Die Konstruktion der Niederschlagsprofile längs der einzelnen Parallelkreise gibt zweifellos für die mittlere Niederschlagshöhe des betreffenden Breitenkreises sehr gute Resultate. Als Mittel aus diesen Werten die mittlere Niederschlagshöhe der einzelnen 10°-Zonen zu bestimmen, geht aber nicht an. Denn erstens ist gerade der Niederschlag, wie wohl kaum ein anderes der meteorologischen Elemente, von lokalen Einflüssen abhängig, so dafs es sehr unwahrscheinlich ist, dafs eine über 1100 km breite Zone der Erdoberfläche eine Niederschlagshöhe besitzt, die dem arithmetischen Mittel der begrenzenden Parallelkreise entspricht. Dann aber hätte doch Bezdek wenigstens die Mittel der einzelnen Parallelkreise mit einem ihrer

[1]) J. Bezdek, Die Verteilung des Niederschlags nach den geographischen Breiten. Bull. de la Soc. hongroise de Géogr. 1904. S. 283.

Länge entsprechenden Gewicht in das Mittel für die dazwischen liegende Zone eingehen lassen sollen, was nicht der Fall ist. In der Tat zeigen die Resultate Bezdeks, wie aus den angehängten Tabellen ersichtlich ist, eine bedeutende Abweichung von den von mir berechneten. Bezdeks Methode dürfte brauchbare Resultate nur ergeben, wenn man die Profile nicht von 10 zu 10, sondern etwa von 2 zu 2 oder für jeden einzelnen Parallelkreis konstruierte.

Ausführung der Arbeit.

Berechnung der Niederschlagsmengen.

Für die Berechnung der mittleren Niederschlagshöhen und -mengen handelte es sich zunächst um Übertragung der Supanschen Karte, die in Mercators Projektion veröffentlicht ist, in eine flächentreue Projektion. Hierzu dienten stumme Erdteilkarten aus dem Verlage von Artaria in Wien, und zwar für Afrika und Australien in Sanson-Flamsteedscher, für die übrigen Erdteile in Bonnescher Projektion. Diese wurden in folgenden Mafsstäben benutzt:

Europa . . .	1 : 13 $^1/_3$	Millionen
Asien . . .	1 : 26 $^2/_3$	„
Nord-Amerika	1 : 26,5	„
Süd-Amerika .	1 : 26 $^2/_3$	„
Afrika . . .	1 : 27	„
Australien . .	1 : 32	„

Auf diese Karten wurden die Grenzen der Einzugsgebiete der einzelnen Ozeane und der in Betracht kommenden Flüsse nach der 9. Auflage von Stielers Handatlas eingetragen. Alsdann wurden die in den einzelnen Flufsgebieten liegenden Isohyetenflächen mit Hilfe eines im Besitz des geographischen Institutes der Universität Halle befindlichen Amslerschen Polarplanimeters gemessen und nach den von H. Wagner[1]) gegebenen Arealen der Kontinente ausgewertet. Es wurde dabei nicht das gesamte oberhalb einer bestimmten Isohyete liegende Areal bestimmt, sondern stets das zwischen zwei aufeinander folgenden Isohyeten liegende Flächenstück, so dafs sich als Gesamtsumme aller planimetrierten Flächen der Flächeninhalt des betreffenden Erdteiles ergab. Jede Fläche wurde 5mal umfahren und als Resultat das arithmetische Mittel dieser 5 Messungen genommen. Die Führung des Leitstifts war stets im Sinne gegen den Uhrzeiger, da es sich durch Versuche herausgestellt hatte, dafs die Führung des Planimeters in dem an-

[1]) H. Wagner, Areal und mittlere Erhebung der Landflächen. Beiträge z. Geophysik Bd. 2. 1895. S. 667.

gegebenen Sinne der Hand und dem Auge bequemer war als im Sinne des Uhrzeigers.

Bei dem von mir benutzten Polarplanimeter entspricht die Entfernung zweier benachbarter Teilstriche auf der Rolle einer Fläche von 1 qcm. Mit Hilfe des Nonius wurden noch Zehntel dieses Wertes abgelesen und den Berechnungen als partes oder Planimetereinheiten zugrunde gelegt. Ausgewertet ergab ein pars für die einzelnen Kontinente, für die Karten in verschiedenem Mafsstab benutzt wurden, folgende Zahlen:

Europa . . .	1793,5	qkm
Asien	7279,8	„
Nord-Amerika .	7248,6	„
Süd-Amerika .	7184,1	„
Afrika . . .	7170,4	„
Australien . .	10384,0	„

Nachdem so der Anteil der einzelnen Flufsgebiete an den zwischen den verschiedenen Isohyeten liegenden Flächen bestimmt war, wurde die gesamte Niederschlagsmenge eines Kontinents auf zwei verschiedene Weisen berechnet: 1. Es wurden zunächst die zwischen den gleichnamigen Isohyeten liegenden Flächenstücke der verschiedenen Flufsgebiete addiert und so das Areal festgestellt, welches auf dem betreffenden Kontinente zwischen jenen Isohyeten liegt. Dann wurde die hypsographische Kurve für den gesamten Erdteil konstruiert und durch Planimetrieren derselben die Niederschlagshöhe und -menge bestimmt (Berechnung I); 2. wurden die hypsographischen Kurven der einzelnen Flufsgebiete konstruiert, die Niederschlagshöhen und -mengen derselben bestimmt und durch Addition der Regenvolumina der einzelnen Flufsgebiete die gesamte Niederschlagsmenge des Erdteils ermittelt (Berechnung II).

Aufser der Berechnung nach den einzelnen Einzugsgebieten erfolgte nun noch eine Berechnung der Niederschlagsmenge nach der geographischen Breite, und zwar auf Grund einer zweiten Planimetrierung. Diese Planimetrierung der Isohyetenflächen zwischen je 10 Breitenkreisen wurde unabhängig von den Einzugsgebieten der Flüsse vorgenommen und nach den so ermittelten Flächen die hypsographische Kurve konstruiert, und zwar zunächst für den ganzen Kontinent (Berechnung III), dann für die einzelnen 10°-Zonen (Berechnung IV).

Auf diese Weise gelangte ich für jeden Erdteil zu 4 Werten der Niederschlagsmenge, die infolge verschiedener Fehlerquellen[1]) naturgemäfs eine

[1]) Die bei der Planimetrierung auftretenden Fehlerquellen und ihr Einflufs auf das Endergebnis sind von H. Liez (Die Verteilung der mittleren Höhe in der Schweiz. Jahresbericht der Geogr. Gesellsch. zu Bern, Bd. 18. 1903) eingehend diskutiert worden, auf dessen Arbeit hiermit verwiesen sei.

gewisse Abweichung voneinander zeigen; und zwar stimmen im allgemeinen die Berechnungen I und III am besten überein, während II und IV etwas voneinander abweichen. Ganz besonders tritt dies bei den Erdteilen, weniger bei den einzelnen Inseln, am allerschärfsten bei den Resultaten für die gesamte Erdoberfläche hervor.

Aus diesen vier erhaltenen Werten für die Niederschlagsmenge wurde nun das Mittel gebildet und dieses als wahrer Wert für die Niederschlagsmenge des Kontinents betrachtet.

Die Gröſse der Abweichungen der vier einzelnen Berechnungen der Niederschlagsmenge von ihrem Mittelwert läſst einen Schluſs auf den wahrscheinlichen Fehler des letzteren zu. Streng genommen dürfte zwar die bekannte Gauſssche Formel für die Berechnung des wahrscheinlichen Fehlers im vorliegenden Falle nicht angewendet werden, da die vier Berechnungen nicht völlig unabhängig voneinander sind. Wenn wir aber berücksichtigen, daſs nur die beiden ersten und andererseits nur die beiden letzten Berechnungen auf denselben Messungen beruhen, wodurch also diese beiden Paare von Messungen voneinander völlig unabhängig sind, und daſs aufserdem jedes der vier Resultate auf einem anderen Wege, der stets wieder andere und der Gröſse nach verschiedene Fehlerquellen in die Rechnung einführte, gewonnen wurde, so dürfen wir wohl behaupten, daſs jedes der erhaltenen Resultate ein ihm eigenes charakteristisches Gepräge und daher einen solchen Grad der Unabhängigkeit von den anderen drei besitzt, daſs die Anwendung obiger Formel gestattet ist.

Berechnen wir hiernach den wahrscheinlichen Fehler unserer Resultate für die Niederschlagsmenge der einzelnen Festländer (siehe Tab. V), so ergibt sich, daſs derselbe durchweg unter 1 % bleibt. Als wahrscheinlicher Fehler der gesamten Niederschlagsmenge der Erde ergibt sich sogar nur 0,14 %. Damit soll aber nicht gesagt sein, daſs unsere Kenntnis der mittleren Niederschlagsmenge der Kontinente bis auf 1 bezw. 0,14 % genau ist, sondern nur, daſs unsere Bestimmung auf der Supanschen Karte diesen Genauigkeitsgrad hat. Die Supansche Karte ist sicher wegen mangelnder Beobachtungen noch mit Fehlern behaftet, die natürlich in vollem Umfang in unsere Werte eingehen; daſs also spätere Berechnungen, die sich auf eine der Supanschen Karte gegenüber verbesserte Regenkarte stützen, von der vorliegenden abweichen werden, darf als sicher angenommen werden. Doch dürften diese Abweichungen kaum sehr groſs werden. Wie ein Vergleich der Supanschen mit der Loomisschen Karte zeigt, sind zwar Abweichungen zwischen beiden vorhanden, diese sind aber nicht fundamental, und dem entspricht es auch, daſs unsere Werte für die Niederschlagssumme der einzelnen Erdteile wie auch der Breitenzonen nicht allzu sehr von denen Murrays abweichen.

Für die Polarländer konnte die Niederschlagshöhe nicht nach der hypsographischen Kurve berechnet werden, da sowohl Areal als Niederschlag derselben nur schätzungsweise bekannt sind. Für das Nordpolargebiet kann man, nach einigen vorhandenen Beobachtungen zu schliefsen, etwa 340 mm als Niederschlagshöhe annehmen. Dagegen entzieht sich die Niederschlagsmenge der Antarktis noch gänzlich unserer Kenntnis. Murray nahm für dieselbe 675 mm an. Diese Zahl dürfte jedoch viel zu hoch gegriffen sein. Nach Supan kann es keinem Zweifel unterliegen, dafs die höheren antarktischen Breiten, etwa von 60° an, niederschlagsarm sind, um so mehr, als hier der Sommer kälter ist als im arktischen Gebiet. Die Niederschlagshöhe der Antarktis dürfte daher diejenige der Nordpolargebiete nicht erreichen; als runder Wert wurde für dieselbe 300 mm angenommen.

Die Fehlerhaftigkeit in der Angabe des Niederschlages verschwindet völlig bei der aufzustellenden Bilanz des Wasserhaushaltes der Erde. Denn bei der Angabe der Wasserführung der Flüsse sind wir, wie im einzelnen noch zu zeigen sein wird, sehr oft nur auf Schätzungen, seltener auf Messungen und nur ganz vereinzelt auf langjährige Beobachtungsreihen der Wasserführung angewiesen.

Zusammenstellung und Kritik der vorhandenen Angaben über die Wassermenge der Flüsse.

Nachdem so die jährliche Niederschlagsmenge der Erde ermittelt ist, handelt es sich um die Bestimmung des mittleren Abflufsfaktors der Erde, d. h. um das Verhältnis des von den Flüssen in den Ozean gewälzten Wasservolumens zu der gesamten Niederschlagsmenge. Auf die Bedeutung dieses Abflufsfaktors haben in neuerer Zeit namentlich Marcel Dubois[1]) und Ule[2]) hingewiesen; Dubois hält, wohl etwas einseitig, den Abflufsfaktor für die einzige Gröfse, auf der überhaupt ein wirklich wissenschaftliches Studium der Hydrographie der Binnengewässer beruhen kann.

Mit unserer Kenntnis der mittleren Wassermenge der Flufssysteme ist es nun bedeutend schlechter bestellt als mit der Kenntnis der Niederschlagshöhen. Dies hat seinen Grund darin, dafs die Ermittelung der jährlichen Wassermenge mit ungleich gröfseren Schwierigkeiten verknüpft ist als die Bestimmung der Niederschlagshöhe. Es gehört zur Bestimmung der Wassermenge eines Flusses eine fortlaufende Reihe von Pegelbeobachtungen, sowie die Kenntnis der Änderung des Querprofiles und der Geschwindigkeit mit der Höhe des Wasserstandes. Auf die technischen Schwierigkeiten bei diesen Arbeiten macht besonders Ule aufmerksam. Unter Be-

[1]) Dubois, L'hydrographie des eaux douces. Annales de Géographie Bd. 2 und 3. 1893/94.

[2]) Ule, Die Bestimmung der Wassermenge in den Flüssen. Natur 1899.

rücksichtigung dieser Schwierigkeiten ist es erklärlich, daſs wir zwar bei einer ganzen Reihe von Strömen langjährige Pegelbeobachtungen besitzen, daſs jedoch die vorhandenen Wassermengenmessungen sich nur auf einige Flüsse Mitteleuropas und Nordamerikas beschränken. Es ist dies um so mehr zu bedauern, als gerade die tropischen Flüsse infolge ihrer bedeutenden Wassermenge und des umfassenden Einzugsgebietes mit sehr groſsem Gewicht in den Wasserhaushalt der Erdoberfläche eingehen. So beruht die groſse Mehrzahl der im folgenden angegebenen Wassermengen nur auf Schätzungen, die lediglich als sehr rohe Näherungswerte zu betrachten sind. Es ergibt sich damit sofort, daſs auch der Abflufsfaktor des gesamten Festlandes nur einen Annäherungswert darstellen kann und bei späteren Berechnungen sich wohl ein etwas abweichender Wert für denselben ergeben dürfte.

In der Literatur finden sich für manche Flüsse mehrere Angaben für die Wassermenge, die teils auf Schätzungen, teils auf mehr oder weniger genauen Messungen beruhen und daher oft nicht unbeträchtliche Abweichungen voneinander zeigen. Es ergab sich daher für mich zunächst die Aufgabe, diese zerstreut vorhandenen Angaben zusammenzustellen und in bezug auf ihre wahrscheinliche Genauigkeit einer kritischen Betrachtung zu unterwerfen[1]).

1. Ob. Die einzige Mitteilung über die Wassermenge des Ob gibt Dubois[2]), leider jedoch ohne irgend eine Quellenangabe. Die mittlere Abflufsmenge gibt er zu 10 000 cbm/sec an, wenigstens in den eisfreien Monaten Mai bis Oktober. Für die übrigen 6 Monate ist die Wassermenge jedoch bedeutend geringer und dürfte etwa den vierten Teil derjenigen des Sommers, also 2500 cbm/sec erreichen. Die mittlere Abflufsmenge wäre demnach 6250 cbm/sec = 197,10 cbkm pro Jahr.

2. Newa. Die Wassermenge der Newa gibt Dubois[3]) zu 2900 cbm/sec (= 91,45 cbkm pro Jahr) an, leider fehlt auch hier die Quelle. Reclus[4]) gibt nach Messungen von Strelbitzky und Veniukov 2954 cbm/sec (= 93,16 cbkm pro Jahr) an, während Woeikof[5]) 94 cbkm annimmt. Von diesen Zahlen, die ziemlich gut übereinstimmen, scheidet zunächst die von Dubois aus, da sie ihren Ursprung nicht erkennen läfst. Reclus und Woeikof scheinen sich dagegen auf dieselbe Quelle bezogen zu haben. Es wurde die Angabe von Woeikof als die zuverlässigere angenommen.

[1]) Murray hat in seiner mehrfach zitierten Arbeit für die von ihm mitgeteilten Wassermengen der einzelnen Flüsse gar keine Quellen angegeben.

[2]) Dubois a. a. O. 1894. S. 140.

[3]) Dubois a. a. O. 1894 S. 139.

[4]) Reclus, La Terre. 1883. Bd. I S. 520.

[5]) Woeikof, Die Klimate der Erde. 1894. S. 267.

3. Westliche (Rigaer) Düna. Als einzige Quelle diente hier das Referat von Krahmer[1]) über das in russischer Sprache erschienene Werk: „Sapunow, Die westliche Düna". Dieses macht über die Wassermenge folgende Angaben: „Der Strom bewegt in der Sekunde bei Witebsk 64 cbm, unweit Dissna 119 cbm, oberhalb Dünaburg 144 cbm, bei Jakobstadt fast 153 cbm, bei Friedrichstadt 179 cbm, bei Kurtenhof fast 194 cbm". Die letzte Zahl ergibt für das ganze Jahr 6,12 cbkm. Auch diese Angabe müssen wir als gegebene hinnehmen, da jede nähere Mitteilung, auf welchem Wege sie gewonnen wurde, fehlt.

4. Memel. Als ältere Angaben für die Wassermenge der Memel seien der Vollständigkeit wegen erwähnt: 1. Koppin[2]), der die Wassermenge bei einem Pegelstande von 4 Fufs 11 Zoll in Tilsit zu 14300 Kubikfufs in der Sekunde (= 13,94 cbkm im Jahr) angibt; 2. Franzius-Sonne[3]), der für die Memel bei Tilsit als Mittelwassermenge 608 cbm/sec, d. h. 19,17 cbkm jährlich angibt.

Eine sehr zuverlässige, genaue Bestimmung der Abflufsmenge gibt uns das Memel-Stromwerk[4]). Zur Ermittelung der Abflufsmengen wurde zunächst in ein Koordinatenkreuz die Wasserstandsdauerlinie für den Zeitraum 1851/1890 aus der Häufigkeit der Wasserstände, die aus den Wasserstandsbeobachtungen am Tilsiter Pegel gebildet sind, dargestellt. Der Pegel zu Tilsit wurde gewählt, weil für ihn eine gröfsere Anzahl zuverlässiger Messungen ausgeführt sind. Aus diesen und den für die äufsersten Wasserstände berechneten Werten wurde ferner die Wassermengenkurve konstruiert. Aus der Dauer der Wasserstände und der Wassermengenkurve liefs sich nun die Dauerlinie für die Wassermengen ableiten. Die von dieser Kurve und den Koordinatenachsen begrenzte Fläche gibt dann die in dem gesamten Zeitraum 1851/1890 abgeflossene Wassermenge an; die Gröfse dieser Fläche wurde durch Planimetrieren bestimmt und daraus die in den 40 Jahren abgeflossene Wassermasse zu 904,9 cbkm abgeleitet. Der durchschnittliche Abflufs wäre demnach für das Jahr 22,62 cbkm. Diese Abflufsmenge ist aber wegen des Eisstaues zu grofs. Jedoch sind bei dem Memelstrom Anhaltspunkte, welche für die Feststellung der Gröfse des Staues geeignete Unterlagen bieten, nicht vorhanden. Man ist hier deshalb lediglich auf Schätzungen angewiesen. Für die Weichsel, bei der aus den Erscheinungen bei den Eisbrecharbeiten auf die Gröfse des Staues geschlossen werden kann, ergibt sich, dafs die ohne Berücksichtigung des letzteren gewonnenen

[1]) Peterm. Mitt. 1894, Lit.-Ber. S. 84.

[2]) Koppin, Nachrichten über die Ströme des preufsischen Staates. Zeitschrift für Bauwesen 1864. S. 170.

[3]) Franzius und Sonne, Handbuch des Wasserbaues. 1892.

[4]) Keller, Memel-, Pregel-, Weichselstrom. Berlin 1899. Bd. I S. 319.

Wassermengen des Winters um 20,6 % zu grofs sind. Dieser Abzug erscheint für den Memelstrom noch zu gering. Es wurde daher ein Abzug von 30 % gemacht und daraus die mittlere Abflufsmenge des Winters zu 11,06 cbkm und die des ganzen Jahres zu 17,88 cbkm erhalten. Diese vom Stromwerk angegebene Zahl von 17,88 cbkm jährlich wurde in die Rechnung eingeführt nnd dürfte zweifellos eine grofse Genauigkeit besitzen. Murray gibt in seiner Arbeit 15,77 cbkm an.

5. Pregel. Für den Pregel kam nur die Angabe des Stromwerkes[1]) in Betracht. Nach diesem liegen einstweilen noch keine ausreichenden Messungen vor, aus denen sich ein genaues Bild über die Wassermengen gewinnen liefse. Die älteren Angaben beruhen meist nur auf Schwimmermessungen und zeigen grofse Widersprüche. Neue Messungen haben stattgefunden zur Bestimmung des Einflusses, den die Zuführung von 6 cbm/sec Wasser aus dem masurischen Schiffahrtskanal auf die Veränderung der Wasserstände im Pregel- und Deine-Tal ausüben würde, beziehen sich aber nur auf kleinere oder mittlere Abflufsmengen. Als rohe Annäherung kann man die Abflufsmenge des Pregelstromes oberhalb der Deine-Abzweigung bei Mittelwasser auf 60 cbm/sec, d. h. 1,89 cbkm im Jahr, schätzen.

6. Weichsel. Ältere Angaben über die Wassermenge der Weichsel sind: 1. Franzius und Sonne[2]) (1892) geben im Mittel 937 cbm/sec, d. h. 29,55 cbkm jährlich an. 2. Schmidt[3]) hat auf Grund genauer Wassermengen-Ermittelungen mittels hydrometrischer Flügel die täglichen Abflufsmengen der Weichsel und Nogat im Jahre 1896 bestimmt und als Jahressumme für 1896 30,36 cbkm erhalten.

Für uns kommt das schon erwähnte Stromwerk[4]) in Betracht. Nach diesem erfolgte die Ermittelung der Abflufsmenge des Jahres und des Winters zunächst in derselben Weise wie für das Memelgebiet. Für den Winter wurde eine besondere Berechnung mit Berücksichtigung des Eisstaues vorgenommen. Für den vierzigjährigen Zeitraum von 1851/1890 ergab sich danach eine gesamte Abflufsmenge von 1220,83 cbkm, d. h. als Jahresbetrag derselben 30,52 cbkm. Diese Zahl dürfte, da es sich um einen vierzigjährigen Mittelwert handelt, als genau anzusehen sein. Murray: 23,58 cbkm.

7. Oder. Waren wir über die Abflufsmenge der Memel und Weichsel ausreichend informiert, so fehlen zuverlässige, neuere Messungen der Wasser-

[1]) Keller a. a. O. Bd. II S. 507.

[2]) Franzius und Sonne a. a. O.

[3]) Schmidt, Die Wassermengen der Weichsel, Nogat und Brahe im Jahre 1896. Centralblatt der Bauverwaltung 1897. S. 309.

[4]) Keller a. a. O. Bd. I S. 323.

menge bei der Oder fast vollständig. Ältere Messungen wurden von Herr[1]) veröffentlicht, der die Wassermenge der Oder zwischen Greifenhagen und Mescherin bei einem Wasserstand von 3 Fuſs am Garzer Pegel zu 7869 Kubikfuſs pro Sekunde, d. h. jährlich zu 7,67 cbkm berechnet. Auf diese Messungen bezieht sich auch noch die 1891 vom Kaiserl. Statistischen Amt herausgegebene Statistik der Stromgebiete[2]). Die Mittelwassermenge der Oder für Glietzen wird hier nach einigen vorhandenen Strommessungen auf etwa 14 cbkm geschätzt. Auch das Oderstromwerk[3]) enthält noch keine Angaben über die mittleren, sondern nur über die maximalen Wassermengen. In seinem Referat über dieses Stromwerk sucht nun Penck[4]) die Abfluſsmenge der Oder wenigstens annähernd zu schätzen und geht dazu von den von ihm gefundenen Gleichungen für die Abfluſshöhe der Elbe und der Moldau[5])

$$a = (n - 315) \cdot 0{,}5 \text{ resp.}$$
$$a = (n - 380) \cdot 0{,}6$$

aus. Aus deren Übereinstimmung folgert er, daſs eine entsprechende Gleichung auch für die Oder gelte. Danach findet er für das Gebiet der Mitteloder einen Abfluſs von 165 mm, für die untere Oder 85 mm und für das gesamte Stromgebiet 150 mm. Danach dürfte die Oder etwa 570 cbm/sec oder 17,90 cbkm im Jahre ins Meer rollen. Dieses Resultat von Penck fand seine Bestätigung in dem 1904 erschienenen Jahrbuch der Gewässerkunde Norddeutschlands[6]). Dieses gibt in Heft II S. 23 den mittleren Pegelstand für Hohensaathen (oberhalb Schwedt) zu 328 cm an; aufserdem findet sich auf S. 92—96 ein Verzeichnis sämtlicher vorhandenen Wassermengenmessungen mit den betreffenden Pegelständen. Diese wurden von mir in Koordinatenpapier eingetragen und durch sie die Wassermengenkurve gelegt. Durch graphische Interpolation ergab sich dann die zu jenem mittleren Pegelstand gehörende Wassermenge zu 470 cbm/sec = 14,82 cbkm im Jahr. Da nun Hohensaathen noch 78 km oberhalb von Stettin liegt und die mittlere Abfluſsmenge bekanntlich gröſser ist als die Abfluſsmenge bei mittlerem Wasserstande, so wurde, ehe genauere Messungen einen anderen Wert der Abfluſsmenge ergeben, der von Penck bestimmte Wert der Rechnung zugrunde gelegt. Murray: 10,42 cbkm.

---

[1]) Herr, Nachrichten über die Ströme des preuſsischen Staates Zeitschrift für Bauwesen 1864 S. 37.

[2]) Statistik des Deutschen Reiches Bd. 39 Teil I (1891) S. 183.

[3]) Keller, Der Oderstrom. Berlin 1896. S. 281.

[4]) Geographische Zeitschrift 1899 S. 88.

[5]) Penck, Geographische Abhandlungen. V, 5.

[6]) Jahrbuch der Gewässerkunde Norddeutschlands, herausg. von der preuſs. Landesanstalt für Gewässerkunde in Berlin. Abfluſsjahr 1901. Berlin 1904.

8. Elbe. Als mittlere Wasserführung der Elbe gibt Penck[1]) nach einer von Franzius[2]) berechneten Tabelle an: Für Elbstorf (Flutgrenze) ca. 700 cbm/sec = 22,08 cbkm, für Hamburg 879 cbm/sec = 27,72 cbkm jährlich.

Wir legen im folgenden die Angabe des Elbstromwerkes[3]) zugrunde. Hier wurde, analog wie bei der Memel, für den 10jährigen Zeitraum 1885—1895, in dem Geschwindigkeitsmessungen ausgeführt sind, die Abfluſskurve konstruiert und durch deren Integration die im Laufe eines Jahres abgeflossene Wassermenge und damit auch die mittlere sekundliche Wassermenge gefunden; und zwar ergab sich für Torgau 306, Magdeburg 521, Hämerten 548, Lenzen 667, Darchau 695, Artlenburg 712 cbm/sec. Der letztere Wert entspricht 22,45 cbkm im Jahre und dürfte, wenn er auch nicht, wie die entsprechenden Zahlen für die Memel und Weichsel, einen 40jährigen Mittelwert darstellt, doch, namentlich im Vergleich zur Oder, von groſser Genauigkeit sein.

9. Weser. Auch hier beziehen wir uns auf die Daten des Stromwerkes[4]). Eine erhebliche Schwierigkeit bei der Untersuchung der Beziehungen zwischen Abfluſs- und Niederschlagsmengen bestand hier darin, daſs in der Weser sowohl wie in der Ems seit der Zeit, als mit den Messungen der Wassermengen begonnen wurde, eine bedeutende Senkung der Stromsohle erfolgt ist. Während also beim Memel- und Weichselstrom die Bestimmungen der Abfluſsmenge für die Jahre 1851—1890 mit angemessener Genauigkeit geschehen konnte, muſste bei der Weser und Ems davon Abstand genommen werden. Infolgedessen bezieht sich die Bestimmung der mittleren Wassermenge der Weser auf den Zeitraum 1891—1900. Diese Bestimmung selbst geschah, analog wie bei der Memel, mit Hilfe der Wassermengendauerlinie und ergab ohne Berücksichtigung des Eisstaues eine mittlere Wassermenge von 9,56 cbkm, mit Berücksichtigung desselben 9,38 cbkm. Letztere Zahl wurde als die wahrscheinlichste als Mittelwert der Wasserführung angenommen.

10. Ems. Auch hier liefert das Stromwerk[5]) die erforderlichen Daten. Jedoch sind die Betrachtungen über den Abfluſsvorgang der Ems überhaupt nur bis 1895 durchgeführt, da durch die um die Mitte der 1890er Jahre erfolgte Kanalisierung die Wasserstandsbewegung der Ems ein ganz anderes Gepräge erhalten hat. Das Jahrfünft 1896—1900, das zur Berechnung der Wassermenge der Weser mit gedient hatte, konnte also für die Untersuchung der Abfluſsmengen der Ems nicht in Betracht kommen. Ebensowenig konnten frühere Jahre dafür herangezogen werden, und zwar weniger wegen

[1]) Penck, Morphologie 1894. Bd. II S. 500.
[2]) Franzius und Sonne, Der Wasserbau 1879. S. 832.
[3]) Keller, Der Elbstrom 1898. Bd. I S. 297.
[4]) Keller, Weser und Ems 1901. Bd. I S. 303.
[5]) Keller, Weser und Ems 1901. Bd. I S. 314.

der schon bei der Besprechung der Weser erwähnten Senkungen der Stromsohle, sondern weil der Niederschlag in den 1880er Jahren zum Teil recht erheblich und räumlich unregelmäfsig von seinem normalen Betrage abwich. So war eine Einschränkung auf das Jahrfünft 1891—1895 geboten. Dieses ergab als mittlere Wassermenge ohne Berücksichtigung des Eisstaues 2,31 cbkm, mit Berücksichtigung desselben 2,26 cbkm.

11. Rhein. Bei der Untersuchung über die Wassermenge des Rheins läfst uns das Stromwerk[1]) im Stich; wir sind daher gezwungen, uns nach anderen Angaben umzusehen. Blink[2]) gibt nach den Berechnungen von Lely[3]) aus den Geschwindigkeitsmessungen die Wasserabfuhr des Rheins in den Niederlanden von 1870—1886 durchschnittlich zu 74 cbkm an. Dabei ist jedoch die Wassermenge der Maafs mit einbegriffen. Diese Angabe stimmt im grofsen und ganzen mit der alten von Sonklar[4]) überein, der, allerdings ohne Quellenangabe, die stündliche Wassermenge zu 265 000 000 Kubikfufs = 71,76 cbkm im Jahr angibt. Reclus[5]) gibt für den Rhein nach Marshal 1975 cbm/sec = 62,28 cbkm im Jahr, nach von Kloeden 2210 cbm/sec = 69,69 cbkm jährlich an.

Von neueren Veröffentlichungen über den Rhein ist zunächst die von Wickert[6]) zu nennen. Er stützt sich auf die Arbeiten der Rheinstrombauverwaltung[7]) und gibt nach deren neuesten Ermittelungen die Wasserführung des Rheins bei mittlerem Niederwasser an der holländischen Grenze zu 1029 cbm/sec an. Bei gemitteltem Jahreswasserstand führt der Rhein oberhalb Linz 1879 cbm/sec, oberhalb Wesel 2026 cbm/sec = 63,89 cbkm im Jahr. Das Jahrbuch der Gewässerkunde Norddeutschlands[8]) gibt den mittleren Jahreswasserstand zu Rees (oberhalb der deutsch-niederländischen Grenze) zu 227 cm an. Ferner werden auf S. 57 – 58 die vorhandenen Wassermengenmessungen mit Angabe der Pegelstände zusammengestellt. Diese wurden von mir in ein Koordinatensystem eingetragen und durch Interpolation ein Mittelwasser von 2000 cbm/sec = 63 cbkm im Jahr gefunden. Diese Zahl stimmt gut mit der von Wickert und Marshal mitgeteilten überein.

---

[1]) Der Rheinstrom. Herausgegeben vom Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie des Grofsherzogtums Baden. 1889.

[2]) Blink, Der Rhein in den Niederlanden. Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde Bd. IV Heft 2. 1890.

[3]) Lely, Waterbouwkunde. 1884.

[4]) Sonklar, Allgemeine Orographie. 1873. S. 163.

[5]) Reclus, La Terre. 1883. Bd. I S. 520.

[6]) Wickert, Der Rhein und sein Verkehr. 1903. S. 29.

[7]) Die Arbeiten der Rheinstrombauverwaltung von 1851—1900. Berlin 1901.

[8]) a. a. O. Heft V S. 15

Für die Wassermenge der Maafs gibt Reclus nach Lavertujon 448 cbm/sec = 14,12 cbkm im Jahr an. Spring und Prost[1]) mafsen vom 13. November 1882 bis 13. November 1883 täglich die Geschwindigkeit und Wassermenge der Maafs und erhielten als Jahressumme 6,65 cbkm. Bezieht sich diese Zahl auch nur auf einjährige Beobachtungen, so dürfte ihr doch vor der Reclusschen der Vorzug zu geben sein, da die letztere keine Angaben über die Art und Weise sowie über die Dauer der Beobachtungen enthält. Als wahrscheinlichste Angabe der mittleren Wassermenge für den Rhein wurde danach die Blinksche Angabe von 74 cbkm angesehen.

Murray gibt 42,09 cbkm an und scheint sich dabei auf die Wassermenge bei Koblenz zu beziehen, die nach Franzius und Sonne[2]) 1220 cbm/sec = 38,47 cbkm jährlich beträgt.

12. Schelde. Die einzige Angabe über die Wasserführung der Schelde fand ich bei Reclus[3]), der sich auf Messungen von Thomé de Gamond bezieht und als „débit moyen" 92 cbm/sec = 2,90 cbkm im Jahr angibt. Ist diese Zahl auch hinsichtlich ihres Genauigkeitsgrades nicht zu prüfen, so wurde wegen der geringen Ausdehnung des Stromgebietes doch kein Bedenken getragen, sie zu benutzen.

13. Wolga. Die Wassermenge der Wolga gibt Woeikof[4]) nach vierjährigen Mitteln (1877—1880) oberhalb Sysran zu 9889 cbm/sec = 312,18 cbkm im Jahr an. Diese Zahl erscheint jedoch als bedeutend zu grofs und hat auch durch die Mitteilungen von Kolomitzow[5]) eine Reduktion erfahren. Unter Leitung des Ingenieurs O. Balatin wurden Wassermengenmessungen bei Ssamara vom 29. Juni 1888 bis 10. Oktober 1890 vorgenommen, und zwar wurden im ganzen 110 Messungen mit dem elektrischen Flügel in ihren Einzelheiten und Ergebnissen mitgeteilt. Als Resultat ergab sich dabei das

mittlere Niederwasser: 670 + 4,9 cbm/sec
Mittelwasser: 5722 + 41,4 cbm/sec
mittlere Hochwasser: 25 600 + 185,4 cbm/sec.

Nimmt man das mittlere Niederwasser für 2, das Mittelwasser für 9 und das mittlere Hochwasser für 1 Monat an, so ergibt sich eine mittlere Abflufsmenge von 6536 cbm/sec = 206,12 cbkm. Murray: 182,29 cbkm.

---

[1]) Spring und Prost, Etudes sur les eaux de la Meuse. Annales de la société géologique de Belgique Bd. 11. 1883/84. S. 137.

[2]) Franzius und Sonne, Handbuch des Wasserbaues. 1892.

[3]) Reclus, La Terre. 1883. Bd. I S. 520.

[4]) Woeikof, Klimate der Erde. 1887. Bd. II S. 263

[5]) Referat von Gravelius. Zeitschrift für Gewässerkunde 1900 S. 292.

14. Dniepr. Angaben über die Wasserführung des Dniepr oberhalb Kiew macht Oppokow[1]), der nach dem 26jährigen Mittel von 1876 bis 1901 die Niederschlagshöhe für das Gebiet des oberen Dniepr zu 552 mm, die Abflufshöhe zu 138 mm, also den Abflufsfaktor zu 25 % ermittelt hat, während ihn Wybranowski[2]) zu 35 % bestimmte, und zwar nach dem 27jährigen Mittel von 1870 bis 1896. Der ersteren Angabe wurde als der neueren und zuverlässigeren die gröfsere Wahrscheinlichkeit beigemessen und daher auch für das gesamte Gebiet des Dniepr eine Abflufshöhe von 138 mm angenommen, die eine Abflufsmenge von 70,69 cbkm im Jahr ergibt. Murray: 92,51 cbkm.

15. Don. Die einzige Angabe einer Wassermenge des Don fand sich bei Reclus: 900 cbm/sec = 28,38 cbkm jährlich.

16. Dniestr. Auch für die Wassermenge des Dniestr diente Reclus als alleinige Quelle: 413 cbm/sec = 13,02 cbkm im Jahr.

17. Donau. Ältere Angaben über die Wassermenge der Donau finden sich bei Sonklar und Reclus. Ersterer gibt ohne Quellennennung die stündliche Wassermenge zu 1 074 800 000 Kubikfufs = 291,06 cbkm im Jahre an. In ziemlicher Übereinstimmung damit hat Reclus 9180 cbm/sec = 289,50 cbkm im Jahr. Der Berechnung dieser Zahlen scheinen jedoch keine längeren Beobachtungen zugrunde gelegen zu haben; denn die 1891 von Penck[3]) gegebene Abflufsmenge von 5850 cbm/sec = 184,48 cbkm im Jahr ist bedeutend kleiner. Diese Zahl wurde von Hartley bei der Regulierung der Donaumündung bestimmt und beruht auf dem zehnjährigen Mittel 1862—1871. Leider setzt jedoch Hartley die Methode, wie er die Wassermenge ermittelt hat, nicht auseinander, so dafs man die Zahl nehmen mufs, wie sie mitgeteilt wird. 1894 teilt dann Penck[4]) als Mittelwert für die Wasserabfuhr der Donau von 1862 bis 1890 195,50 cbkm mit, allerdings ohne Angabe des Autors. Diese Angabe wurde als die zuverlässigste angenommen. Murray hat 281,38 cbkm, scheint sich also nur auf die älteren Quellen bezogen zu haben.

18. Po. Ältere Angaben der Wassermenge des Po finden sich bei Reclus (nach Lombardini 1720 cbm/sec = 54,24 cbkm im Jahr) und Beadmore[5]) (3 644 300 Kubikfufs per Minute = 54,23 cbkm im Jahr). Von diesen An-

---

[1]) Oppokow, Zur Frage der vieljährigen Abflufsschwankungen in den Bassins grofser Flüsse. Zeitschrift für Gewässerkunde 1902.

[2]) Wybranowski, Le régime du Dniepr. La Géographie Bd. 8 (1903) S. 85.

[3]) Penck, Die Donau. Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse. Wien. Bd. 31 (1891) S. 37.

[4]) Penck, Morphologie 1894. Bd. I S. 298.

[5]) Beadmore, Manual of Hydrology 1862. S. 200.

gaben weicht auch eine neuere Bestimmung von Valentini[1]) nicht viel ab. Valentini veröffentlicht die Resultate einer groſsen Zahl von Wassermengenmessungen, die durch einen Regierungskommissar in den Jahren 1878 bis 1880 zu Fossadalbero bei Ferrara vorgenommen wurden. Diese wurden von mir monatweise zusammengestellt und ergaben im Jahresmittel 1610 cbm/sec = 50,77 cbkm im Jahr. Diese Zahl wurde in der Rechnung benutzt. Murray: 55,52 cbkm.

19. Tiber. Für die Tiber liegen Messungen von Ventucoli und Lombardini[2]) aus den Jahren 1822—1849 vor, die als mittlere Abfluſsmenge bei Rom 618 234 Kubikfuſs in der Minute = 9,20 cbkm im Jahr angeben. Dieselbe Zahl teilen auch Beadmore und Reclus mit.

20. 21. Volturno. Arno. Für den Volturno und den Arno macht nur Reclus Angaben der Wassermenge. Dieser bezieht sich auf Messungen von Baccarini und gibt für den Volturno 70 cbm/sec = 2,21 cbkm jährlich, für den Arno 47 cbm/sec = 1,48 cbkm jährlich an.

22. Rhone. Die für die Rhone mitgeteilten Wassermengen gehen auſserordentlich auseinander: Reclus gibt 1874 nach Messungen von Surell 2603 cbm/sec = 82,09 cbkm im Jahr, 1883 nach demselben Autor 1717 cbm/sec = 54,16 cbkm jährlich an. Auf letztere Angabe geht offenbar auch Beadmore zurück, der ohne Angabe der Quelle eine mittlere Abfuhr von 3 640 000 Kubikfuſs per Minute = 54,17 cbkm jährlich mitteilt.

Weitere Messungen teilt Guérard[3]) mit: „Le volume total des eaux que le Rhône verse à la mer dans le cours d'une année, a été en 1869, de 39 217 millions de mètres cubes; en 1870 de 35 254 millions. Le premier chiffre représente assez approximativement le volume moyen annuel". Die Zahl von 39,22 cbkm wurde danach als die neueste und wohl zuverlässigste als richtig angenommen. Murray: 58,63 cbkm.

23. Seine. Im Jahre 1880 gab Schlichting[4]) die Wassermenge der Seine bei Rouen zu etwa 450 cbm/sec = 14,19 cbkm im Jahr an. Die Bestimmung ist durch Belgrand in seinem Seine-Werk, das mir jedoch nicht zugänglich war, wiederholt und der Wert zu 507 cbm/sec gefunden worden. Diese Zahl fand sich bei Reclus und ergibt einen jährlichen Abfluſs von 15,99 cbkm. Murray: 22,79 cbkm.

24. Loire. Für die Loire fanden sich nur Angaben bei Reclus; dieser teilt als mittlere Abfluſsmenge mit: 1874: 500 cbm/sec = 15,77 cbkm im

[1]) Valentini, Die Wasserführung des Po. Zeitschrift für Gewässerkunde 1899.

[2]) Ann. of Math. and Phys. Science. Rome 1860.

[3]) Guérard, L'embouchure du Rhône. Bulletin de la société de géographie. Marseille 1890.

[4]) Schlichting, Die Wasserstraſsen Frankreichs. Zeitschrift für Bauwesen 1880 S. 366.

Jahr (ohne Quellenangabe); 1883 nach Thomé de Gamond 985 cbm/sec = 31,06 cbkm. Murray: 32,55 cbkm.

25. Garonne. Die erste Nachricht über die Wassermenge der Garonne findet sich bei Beadmore, der als mittleren Wert derselben bei Marmande nach Lombardini 1 440 920 Kubikfufs per Minute = 21,44 cbkm jährlich angibt. Reclus gibt 1883 als Wassermenge unterhalb der Dordogne-Mündung nach Baumgarten und Thomé de Gamond 1118 cbm/sec = 35,26 cbkm jährlich. Ich nahm letztere Zahl.

26. Ebro. Die einzige Angabe für den Ebro fand sich bei Reclus (1883), der sich auf Mesa bezieht und die Wassermenge zu 100 cbm/sec = 3,15 cbkm angibt.

27. St. Lorenz. Über den St. Lorenz-Strom schreibt 1896 W. Bell Dawson[1]): „The volume discharged by the St. Lawrenze has been measured immediately above Lake St. Peter at different seasons, and with the addition of the Richelieu, St. Maurice and other tributaries along its estuary, the total volume of fresh water discharge would probably amount in all to 340 000 cubic feet per second". Unter Zugrundelegung dieser Zahl ergibt sich der jährliche Abflufs zu 303,59 cbkm. Eine zweieinhalb mal so grofse Abflufsmenge gibt 1892 Deckert[2]) an, der, allerdings ohne Quellennennung, die mittlere sekundliche Wasserführung zu 25 000 cbm/sec = 788,40 cbkm jährlich mitteilt. Jedoch hat Deckert diese Zahl wieder aufgegeben und bezieht sich 1904[3]) auf die von Bell-Dawson mitgeteilte Abflufsmenge, indem er die Wassermenge oberhalb der St. Peters-Insel auf 10 000 cbm/sec = 315,36 cbkm veranschlagt. Auf die Dawsonsche Angabe stützt sich auch Schott[4]). Auch Reclus gibt sowohl 1874 als 1883 für den mittleren Abflufs des St. Lorenz nach Messungen von Sommerville und Lombardini 10 000 cbm/sec = 315,36 cbkm jährlich an, während Franzius und Sonne als Wassermenge des Niagara-Falles 11 000 cbm/sec = 346,89 cbkm und Günther[5]) 30 000 000 cbm per Stunde = 262,80 cbkm jährlich annimmt. Die Angabe von Dawson wurde als die neueste der sich auf direkte Messungen stützenden Mitteilungen der Wassermenge als die wahrscheinlichste angenommen. Murray: 363,91 cbkm.

28. Peiho. Die Wasserführung des Peiho wurde von Guppy[6]) während des Winters 1878—1879 geschätzt und zu etwa 7700 Kubikfufs pro

---

[1]) Report of Progress. Ottawa 1896. S. 14.

[2]) Deckert, Mississippi und Lorenzstrom. Aus allen Weltteilen 1892 S. 186.

[3]) Deckert, Nordamerika 1904. S. 59.

[4]) Schott, Beiträge zur Hydrographie des St. Lorenzgolfes. Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 1897. S. 120.

[5]) Günther, Handbuch der Geophysik 1899. Bd. II S. 817.

[6]) Guppy, The Yangtse, the Yellow River and the Peiho. Nature XXII. 1880.

Sekunde gefunden. Diesen Wert nahm Guppy auch als Jahresmittel an (= 6,88 cbkm). Schätzungen während des Sommers 1879 erfolgten von Kingsmill[1]) und ergaben für das ganze Jahr einen mittleren Abfluſs von etwa 9000 Kubikfuſs pro Sekunde = 8,04 cbkm pro Jahr. Diese Angabe wurde in die Rechnungen eingeführt, während Murray sich an die erstere hält.

29. Hoangho. Für den Hoangho existiert zunächst eine Schätzung der Wassermenge von Sir George Staunton[2]) aus dem Jahre 1792, der bei einem Übergang über den Hoangho dessen Wassermenge auf 116 000 Kubikfuſs pro Sekunde = 103,57 cbkm im Jahr schätzte. Eine zuverlässigere Angabe stammt auch hier von Kingsmill[3]). Dieser maſs verschiedene Querschnitte des Hoangho aus und sammelte verläſsliche Angaben der Tiefe und Geschwindigkeit zu verschiedenen Jahreszeiten, auf Grund deren er für das Jahr eine mittlere Wassermenge von 83 000 Kubikfuſs pro Sekunde = 74,11 cbkm jährlich berechnet. Diese Zahl wurde von mir in die weiteren Berechnungen eingeführt. Murray: 119,1 cbkm.

30. Yangtsekiang. Nach einer Mitteilung von Guppy[4]) schätzte zuerst Captain Blackiston die mittlere Wassermenge des Yangtsekiang an einer 960 englische Meilen von der Mündung entfernten Stelle auf 500 000 Kubikfuſs in der Sekunde. Ähnliche Schätzungen nahm dann Guppy vom Mai 1877 bis Mai 1878 in Hankow vor. Er bestimmte die Breite und beschaffte sich alle Materialien über Wasserstandsbewegungen und Geschwindigkeit des Flusses und gelangte zu einer mittleren Wassermenge von 651 875 oder rund 650 000 Kubikfuſs pro Sekunde. Das oberhalb Hankow liegende Entwässerungsgebiet des Yangtsekiang nimmt Guppy zu $^{11}/_{13}$ des gesamten Einzugsgebietes an und setzt voraus, daſs auch die übrigen $^{2}/_{13}$ in demselben Maſse entwässern; so gelangt er zu einer sekundlichen Wassermenge von etwa 770 000 Kubikfuſs oder jährlich 685,54 cbkm. Zwei neue Aufsätze enthalten noch Angaben der Wassermenge des Yangtsekiang: 1. Berdrow[5]) nimmt die stündliche Wassermenge zu 150 000 000 cbm = 1314,00 cbkm jährlich an, ohne einen Autor zu nennen. 2. Ein anonymer Aufsatz im Mouvement géographique[6]), der ebenfalls die Quelle verschweigt, gibt 21 650 cbm/sec = 682,75 cbkm pro Jahr an. Die Guppysche Zahl ist, wenn auch nicht als genau, so doch sicherlich als guter Näherungswert zu betrachten und die von Berdrow gewiſs zu verwerfen, was auch der anonyme

[1]) Guppy, The Yellow River and the Peiho. Nature XXV. 1882.
[2]) Guppy. ibid. XXII. 1880.
[3]) Guppy. ibid. XXV. 1882.
[4]) Guppy. ibid. XXII. 1880.
[5]) Berdrow, Die Stromriesen der Erde. Prometheus 1894.
[6]) Le Bassin du Yangtsekiang. Le Mouvement géographique. Bruxelles 1899. S. 613.

Verfasser des Artikels im Mouvement géographique, der jünger ist als die Arbeit Berdrows, bestätigt. Es wurde daher als ungefährer Mittelwert 685 cbkm angenommen. Murray: 521,18 cbkm.

31. Mississippi. Der Mississippi gehört zu den Flüssen, deren Wasserführung sich schon früh das Interesse und die Arbeit der Ingenieure zuwandte. So haben wir denn schon 1861 eine eingehende Monographie[1]) dieses Stromes, die lange als Grundlage für alles Zahlenmaterial gegolten hat. Die mittlere Wassermenge von 1818 bis 1860 ist darin zu 19 400 Milliarden Kubikfufs = 549,30 cbkm jährlich angegeben. Auf diesen Wert beziehen sich Reclus (1874 und 1883), ferner Mellard Reade[2]), Sonklar, Woeikof[3]), Deckert[4]), Gordon[5]) und Dubois. Dieses Werk ist heute durch die neueren Angaben Greenleafs[6]) überholt worden, welche auch die neueren Pegelbeobachtungen noch berücksichtigen und die durchschnittliche Wassermenge auf 664 000 Kubikfufs = 592,88 cbkm jährlich feststellen. Diese Zahl dürfte augenblicklich als die zuverlässigste zu gelten haben und findet sich auch bei Deckert[7]) zitiert. Murray: 523,50 cbkm.

32. Colorado. Für das Mittelwasser des Colorado gibt Reclus 1874 nach Bell und Blodget 100 cbm/sec = 3,15 cbkm pro Jahr, 1883 nach Wheeler gerade den doppelten Wert an. Beide Zahlen haben sich nach den Untersuchungen von Newell[8]) als bedeutend zu klein erwiesen. Nach dessen Mitteilungen wurden im Jahre 1875 und 1876 durch die Wheeler Survey Wassermengenmessungen an drei Punkten vorgenommen: Bei Stone's Ferry in Nevada, bei Camp Mohave in Arizona und bei Fort Yuma in Kalifornien. Am 20. März 1876 wurde die Wassermenge bei Fort Yuma mittels eines Querprofiles und der mittleren Geschwindigkeit zu 7659 Kubikfufs in der Sekunde bestimmt. Diese Messung bezog sich nach den beigefügten Wasserstandskurven auf niedrigen Wasserstand und zwar, wie angegeben, auf 10,19 Fufs unter der Hochwassermarke von 1862. Die Hochwasser des Colorado rufen nun eine bedeutend gröfsere Geschwindigkeit und einen gröfseren Querschnitt hervor, so dafs die Hochwassermenge

---

[1]) Humphreys and Abbot, Report upon the Physics and Hydraulics of the Mississippi. 1861. S. 134.

[2]) F. Mellard Reade, Denudation of the two Americas. American Journal of Science Bd. 29. 1885.

[3]) Woeikof, Klimate der Erde. 1887. Bd. 2 S. 263.

[4]) Deckert, Mississippi und Lorenzstrom. Aus allen Weltteilen 1892 S. 159.

[5]) Gordon, The Irrawaddy River. 1879. Bd. I S. 4.

[6]) Greenleaf, The Hydrology of the Mississippi. American Journal of Science Ser. 3. 1896. Bd. II.

[7]) Deckert, Nord-Amerika. 1904. S. 58.

[8]) Newell, Hydrography of the arid Regions. XIIth Report of the U. S. Geological Survey 1890 S. 291.

auf mindestens 49 850 oder rund 50 000 Kubikfuſs pro Sekunde angegeben ist. Danach wurde die mittlere Wassermenge zu rund 35 000 Kubikfuſs pro Sekunde = 31,25 cbkm im Jahre geschätzt.

33. Saluen. Die einzige Mitteilung über die mittlere Wassermenge des Saluen fand sich bei Reclus (1883), der dieselbe nach Gordon zu 1500 cbm/sec = 47,30 cbkm jährlich angibt.

34. Ganges. Für den Ganges liegen zur Zeit noch keine exakten Messungen vor; man ist hier lediglich auf Schätzungen angewiesen; und diese gehen ziemlich weit auseinander. So gibt Beadmore nach Messungen von Prinsep die mittlere Wassermenge bei Sikreegulee zu 30 000 000 Kubikfuſs pro Minute = 446,45 cbkm im Jahr, Franzius und Sonne für die Mündung zu 15 000 cbm/sec = 473,03 cbkm im Jahr, und Sonklar zu 1753,08 Millionen Kubikfuſs per Stunde = 474,74 cbkm jährlich (letztere beide offenbar nach Hunter), Reclus gibt (1883) für den Ganges nach Hunter 15 000 cbm/sec = 473,03 cbkm im Jahr, nach Longridge 12 000 cbm/sec = 378,43 cbkm im Jahr und für den Brahmaputra nach Schlagintweit 20 000 cbm/sec = 630,72 cbkm pro Jahr. Keine der genannten Angaben enthält nähere Einzelheiten über die Art und Weise der Schätzung, so daſs allen diesen Angaben nur ein zweifelhafter Wert beizumessen ist.

Anders verfuhr Haughton[1]) bei der Bestimmung des Abflusses des Ganges und Brahmaputra: In den Jahren 1831 und 1832 wurden von Everest bei Ghazipur Bestimmungen der Wassermenge vorgenommen, die sich im Mittel zu 203 485 Kubikfuſs pro Sekunde ergab. Charles Lyell[2]) schlug nun vor, daraus die gesamte Abflufsmenge des Stromes im Verhältnis 670 : 150 herzuleiten. Dieses Verfahren erschien jedoch Haughton zu ungenau, und daher bestimmte er das Flufsgebiet ober- und unterhalb Ghazipur und nahm an, daſs die Wassermenge sich etwa proportional der Gröſse des Stromgebietes ändere; auf diese Weise erhielt er für die Mündung des Ganges einen jährlichen Abfluſs von 97,17 Kubikmeilen. Analog verfuhr Haughton beim Brahmaputra. Die Wassermenge desselben schätzte Willcox[3]) während der Trockenzeit auf 150 000 Kubikfuſs in der Sekunde, für den Ganges nimmt Haughton 76 000 an. Unter der Voraussetzung, daſs die Niedrig- und Mittelwasser beider Flüsse ungefähr proportional sind, bekommt Haughton als Mittelwasserführung für den Brahmaputra $97{,}17 \cdot \frac{150}{76} = 191{,}78$ Kubikmeilen. Für beide Ströme ergibt sich daraus eine Wassermenge von 288,95 Kubikmeilen = 1204,33 cbkm.

[1]) Haughton, Notes on the annual Water-Discharge of large Rivers. Proceedings of the Royal Society. Dublin. II (1878) S. 259

[2]) Lyell, Principles of Geology.

[3]) Asiatic Researches vol. VII S. 466.

Es mufs freilich zugestanden werden, dafs Haughtons Methode nicht frei von Willkür ist; doch ist sein Resultat noch das beste unter dem vorliegenden. Die jährliche Abflufsmenge beider Ströme zusammen wurde daher auf rund 1200 cbkm veranschlagt.

35. Indus. Über die Wassermenge des Indus liegt eine schon ziemlich alte Schätzung von Tremenheere[1]) vor, der bei einer Berechnung der im Laufe des Jahres von dem Strome mitgeführten Schlammmasse das Hochwasser zu 380 000 und das Mittelwasser zu 200 000 Kubikfufs pro Sekunde = 178,56 cbkm im Jahr ansetzt. Auf diese Angabe bezieht sich 1874 Reclus, der 1883 aufserdem noch eine Angabe von Carless von 5935 cbm sec = 187,16 cbkm pro Jahr mitteilt. Beide Zahlen stimmen nicht schlecht überein; die Angabe von Tremenheere wurde der Rechnung zugrunde gelegt. Murray: 108,50 cbkm.

36. Rio Grande del Norte. Die Wassermenge des Rio Grande bei El Paso, am Oberlauf des Flusses, wird von Newell[2]) nach dreijährigen Mitteln (1890—1892) zu 1755 Kubikfufs in der Sekunde mitgeteilt. Für die Wassermenge an der Mündung kam nur eine Angabe bei Reclus in Betracht, der diese nach Bell und Blodget zu 1600 cbm/sec = 50,46 cbkm jährlich erhöht. Diese Zahl stimmt auch gut zu der Murrayschen: 52,83 cbkm.

37. Mekong. Die ersten Grundlagen für die Berechnung der Wassermenge des Mekong bildeten Schätzungen von Garnier[3]), dann Messungen von Boulanger[4]). Auf diesen Angaben fufsend, berechnete W. Sievers[5]) die mittlere Wassermenge zu 90 000 cbm/sec = 1400 cbkm pro Jahr. Diese Zahl ist jedoch bedeutend gröfser als die Niederschlagsmenge und stellt ein Wasservolumen dar, das dem des Amazonas nur wenig nachsteht.

Auf die Angabe von Garnier bezieht sich auch Reclus 1874, während er 1883 nach Delaporte eine mittlere Wassermenge von 4500 cbm/sec = 141,91 cbkm pro Jahr mitteilt. Konnte diese Zahl auch auf ihren Ursprung nicht geprüft werden, so wurde sie doch als dem wahren Wert bedeutend näher kommend angesehen und in die Berechnungen eingeführt.

38. Irawadi. Über den Irawadi besitzen wir eine Monographie von Gordon[6]). Nach dessen Angaben wurden vom Juli 1872 bis September 1873

---

[1]) Tremenheere, On the lower Portion of the River Indus. Journal of the R. Geogr. Soc. London 1867.

[2]) Newell, Results of Stream Measurements. XIVth Report of the U. S. Geolog. Survey 1894. S. 115.

[3]) Garnier, Voyage d'exploration en Indo-Chine. Paris 1873. Bd. I S. 225.

[4]) Boulanger, Le débit du Mékong. Cochin-chine française. Bd. IX S. 495.

[5]) Sievers, Die Hydrographie des östlichen Indochina. Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie Bd. V (1885) S. 83.

[6]) Gordon, Report on the Irrawaddy River. Rangoon 1879.

in Saiktha, dem Wurzelpunkte des Deltas, Wassermengenmessungen gemacht. Gleichzeitige Messungen sind in Zaloon, etwa 1600 km weiter oberhalb, und auf dem Nawoon unterhalb der Vereinigung seiner beiden Arme, angestellt worden; auch sind Messungen für die grofse Flut von 1875 vorhanden. Aus allen diesen Angaben berechnete Gordon die während der Jahre 1870—1877 abgeflossene Wassermenge des Irawadi zu 3 422 450 Millionen cbm oder durchschnittlich für ein Jahr 428 cbkm. Diese Zahl, die auch Reclus 1883 veröffentlicht, dürfte wohl nach der ganzen Art der Berechnung als ein der Wahrheit naher Wert der Wasserführung gelten. Murray: 343,02 cbkm.

39. Godavary. Als mittlere Wassermenge des Godavary gibt Sievers[1]), der sich auf Angaben von Schlagintweit stützt[2]), 38200 cbm/sec = 1204,63 cbkm jährlich an. Diese Zahl erscheint jedoch bei der verhältnismäfsig geringen Ausdehnung des Flufsgebietes wohl als zu hoch und übertrifft auch die Niederschlagsmenge. Wir sind daher hier nur auf die Murraysche Angabe von 70,19 cbkm angewiesen; diese ist auch, nach dem sich ergebenden Abflufsfaktor zu urteilen, bedeutend wahrscheinlicher.

40. Krishna. Hier gilt dasselbe wie für den Godavary. Sievers hat 734,78 cbkm, Murray 61,58 cbkm. Letztere Angabe wurde in die Rechnungen eingeführt.

41. Nil. Für den Nil finden sich in der Literatur eine ganze Reihe von Angaben der Wasserführung, die aber beträchtlich auseinandergehen. So gibt Beadmore (1862) nach Girard 149,47 cbkm, Sonklar (1873) 343,12 cbkm, Reclus (1883) nach Lombardini 108,04 cbkm, nach Talabot 91,70 cbkm, Franzius-Sonne (1892) 54,87 cbkm an.

Neuere Veröffentlichungen von Lyons[3]) bringen einige Klarheit in diese Zahlen. Lyons veröffentlicht regelmäfsige Beobachtungen der Wassermenge des weifsen und blauen Nils oberhalb Kartum vom Mai 1902 bis Dezember 1903. Diese Zahlen wurden von mir monateweise zusammengestellt und die mittlere Wassermenge nach ihrer Vereinigung zu 2748 cbm/sec = 86,66 cbkm pro Jahr ermittelt. Ferner berechnete sich der Abflufs während des Hochwassers in den Monaten Juli bis Oktober zu 52,84 cbkm, also zu 60,97 % des Jahresmittels. Die Niederschlagsmenge auf dem Einzugsgebiet des Nils oberhalb Kartum beträgt 1934,71 cbkm, also der Abflufsfaktor 4,48 %. Für Assuan ist das Mittel der Flutmenge vom 1. Juli bis 31. Oktober nach dem Mittel von 1869 bis 1903: 65,19 cbkm. Nimmt man nun für Assuan das-

[1]) Sievers, Asien. 1904. S. 512.

[2]) Schlagintweit, Scientificiel Results of a mission to India and High-Asia. Leipzig 1860—1866. Gütige Mitteilung von Prof. Sievers-Giefsen.

[3]) Lyons, On the Nile Flood and its Variation. Geographical Journal 1905 Bd. 2.

selbe Verhältnis der Hochwasser zur Jahresmenge an wie in Kartum, so ergibt sich als jährlicher Abfluſs bei Assuan 106,92 cbkm. Der Niederschlag oberhalb Assuan beträgt 2336,75 cbkm, also der Abflufsfaktor 4,47 %. Unterhalb Assuan findet nun keine Zufuhr durch Nebenflüsse, sondern eine starke Verdunstung statt. Die Wassermenge in Kairo mufs also geringer als bei Assuan sein. Nach dieser Überlegung scheiden die Angaben von Beadmore und Sonklar sofort aus, ebenso wird aber auch diejenige von Franzius-Sonne unwahrscheinlich. Die Abflufsmenge dürfte vielmehr rund 100 cbkm im Jahr betragen. Diese Zahl wurde von mir angenommen und deckt sich ziemlich mit der von Murray: 101,43 cbkm; sie ergibt einen jährlichen Abflufsfaktor von 4,26 %.

42. Kongo. Für den Kongo liegen gar keine Messungen, nur Schätzungen der Wassermengen vor. Chavanne[1]) nimmt für die Trockenzeit eine Wassermasse von mindestens 70—80000, für das Maximum der Flutschwelle aber jedenfalls 120000 cbm/sec an. Als mittleren Abfluſs würde man danach etwa 100000 cbm/sec anzunehmen haben, eine Zahl, die der Abflufsmenge des Amazonas gleich käme. Dies ist jedoch unwahrscheinlich und damit die Annahme von Chavanne zu verwerfen, ebenso wie diejenige von Franzius-Sonne, der 96000 cbm/sec angibt. Dubois[2]) hat dann auch wesentlich kleinere Wassermengen. Er schätzt das Niederwasser auf 40000, das Hochwasser auf 60—80000, und nach einigen, von ihm selbst als übertrieben bezeichneten Schätzungen, auf 100—120000 cbm sec. Hiernach hätte man das Mittelwasser zu etwa 50—60000 cbm/sec anzusetzen, eine Zahl, die durch die 60000 cbm/sec betragende Angabe von Reclus an Wahrscheinlichkeit gewinnt. Dies würde eine Jahresmenge von 1892,14 cbkm ergeben. Murray: 1747,54 cbkm.

43. Niger. Auch beim Niger sind nur angenäherte Schätzungen vorhanden. Chavanne[3]) schätzt die Wassermenge während der Trockenheit auf 28—30000 cbm/sec, eine Zahl, die auch von Hahn[4]) übernommen wurde. Diese Zahl dürfte jedoch etwa für den jährlichen Mittelwert gelten, denn auf S. 164 und 166 schreibt Chavanne dem Benuë eine Wassermenge von 12—15000 cbm/sec im Mittel zu, die diejenige des Niger noch übertreffen soll. Die Wasserführung der vereinten Ströme wäre demnach vielleicht zu 25—30000 cbm/sec = 800—900 cbkm jährlich anzunehmen. Als runde Zahl wurde daher 900 cbkm angesetzt.

44. Amazonas. Dafs bei den riesenhaften Dimensionen des Amazonenstromes eine Bestimmung der Wassermenge desselben mit erheblichen

[1]) Chavanne, Afrikas Ströme und Flüsse. 1883. S. 117.
[2]) Dubois a. o. O. 1893. S. 302.
[3]) Chavanne a. o. O. 1883. S. 160.
[4]) Hahn, Afrika. 1901. S. 424.

Schwierigkeiten verbunden ist, und die Resultate eines solchen auf grofse Genauigkeit keinen Anspruch machen können, liegt auf der Hand. Doch sind für den Amazonas zwei Messungen vorhanden[1]), die wenigstens eine Grundlage für Schätzungen bilden können. Die Entreprise-Expedition stellte an zwei Punkten zwischen Obidos und der Madeira-Mündung die Wassermasse fest und fand bei Serpa 104000 cbm/sec, bei Villa Bella 105000 cbm/sec. Diese Messungen bezogen sich auf einen Wasserstand von 7 m über Niederwasser, also auf hohes Mittelwasser. Für die Bestimmung des gesamten Volumens fehlen hier noch die Wassermassen des Tapajoz und Xingu, die ebenfalls sehr bedeutend sind. Sievers[2]) nimmt daher 120000 cbm/sec für den ganzen Amazonenstrom bei hohem Mittelwasser als nicht zu hoch gegriffen an. Dubois und Reclus nehmen dagegen nur 80000 cbm/sec an. Katzer[3]) schätzte das Mittelwasser bei der Bestimmung des mitgeführten Schlammes auf 100000 cbm/sec = 3153,60 cbkm jährlich. Diese Angabe wurde als runde Zahl in die Berechnungen eingeführt. Murray hat 2200,45 cbkm.

45. Orinoco. Die Wassermenge des Orinoco bei Mittelwasser wird von Orton[4]) zu ca. 14000 cbm/sec = 441,60 cbkm jährlich angenommen. Auf diese Angabe stützen sich auch Reclus, Dubois und Sievers[5]). Da andere Angaben nicht vorliegen, so wurde diese der Rechnung zugrunde gelegt. Murray: 509,50 cbkm.

46. Magdalena. Über die Wassermenge des Magdalena finden sich Angaben bei Reclus und Dubois, die beide ohne Quellennennung das Mittelwasser zu 7500 cbm/sec = 236,52 cbkm pro Jahr annehmen. Murray: 247,80 cbkm.

47. St. Franzisko. Die Wassermenge des St. Franzisko gibt Sievers[6]) zu 2800 cbm/sec = 80,30 cbkm pro Jahr an; er stützt sich dabei auf Messungen von Halfeld[7]). Murray: 92,51 cbkm.

48. Kunene. Gessert[8]) bespricht die Rentabilität und Baukosten einer Kunene-Ableitung zur Bewässerung der südlich von ihm liegenden Land-

---

[1]) Schichtel, Der Amazonenstrom. Inaug.-Diss. Strafsburg 1893.

[2]) Sievers, Süd-Amerika 1903. S. 147.

[3]) Katzer, Das Wasser des unteren Amazonas. Sitzungsberichte der math.-naturw. Klasse der böhm. Ges. d. Wissensch. Prag 1867.

[4]) L. Wagner, Das Stromsystem des Orinoco. 31. Bericht der oberhess. Ges f. Natur- und Heilkunde 1896 S. 42.

[5]) Sievers, Süd-Amerika. 1903. S. 114.

[6]) Sievers, ibid. S. 212.

[7]) Halfeld, Atlas e Relatorio concernente exploração do Rio de S. Franzisko. Rio de Janeiro 1860. S. 4. Gütige Mitteilung von Prof. Sievers.

[8]) Gessert, Rentabilität und Baukosten einer Kunene-Ableitung. Globus Bd. 85 (1904) S. 339.

strecken und gibt dabei die jährliche Wassermenge zu etwa 15 cbkm an. Diese Nachricht bezieht sich auf keine Quelle, scheint aber nach dem Werte des Abflufsfaktors im grofsen und ganzen richtig zu sein.

49. La Plata. Als mittlere Wasserabfuhr des vereinigten Parana und Uruguay gibt 1883 Reclus nach Aguirre und Bateman 42000 cbm/sec, während Dubois (1893) 40000 cbm/sec = 1261,40 cbkm pro Jahr mitteilt. Murray nimmt für den Parana 786,70, für den Uruguay 133,90, zusammen 920,60 cbkm an.

50. Oranje. Für den Oranje fanden sich keine Angaben der Wassermenge aufser den von Murray gegebenen; diese wurde daher auch hier in die folgenden Berechnungen eingeführt.

51. Murray. Mit dem Murray beschäftigt sich eine Arbeit von Thomson, der über die Wasserführung an verschiedenen Punkten Angaben macht. Aus diesen berechnet Klein[1]) die mittlere Abflufsmenge des Flusses zu 1900 cbm/sec = 59,92 cbkm pro Jahr.

52. Olifant. Hier gilt das zu Nr. 50 Oranje bemerkte.

Diskussion der Resultate.

Die Niederschlagsmenge der Erde.

Die gesamte Niederschlagsmenge der festen Erdoberfläche ist nach der im vorstehenden erläuterten Methode, wie Tab. V zeigt, zu 111941,17 cbkm mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0,14 % gefunden worden, also zu

$$111941{,}17 \pm 158{,}99 \text{ oder rund}$$
$$111940 \pm 160 \text{ cbkm.}$$

Diese ergibt, gleichmäfsig über das Festland verteilt, eine Niederschlagshöhe von 753 mm oder rund 75 cm. Von dieser Wassermenge fallen 101450 cbkm oder rund 90 % auf peripherischen Gebieten. Es entspricht dies einer Niederschlagshöhe von 869 mm oder rund 87 cm. Da die peripherischen Gebiete nur 78 % des Festlandes ausmachen, so ergibt sich sofort, dafs ihre Niederschlagshöhe diejenigen der abflufslosen Gebiete bedeutend übertrifft.

Die abflufslosen Gebiete der Erde nehmen 32 Millionen Quadratkilometer ein. Sie fallen ihrer Lage nach mit den regenarmen Gebieten zusammen und haben nur einen Niederschlag von 328 mm oder in Raummafs 10490 cbkm, also rund 10 % des Niederschlages der Kontinente, während ihr Gebiet 22 % des Festlandes ausmacht. Sämtlicher auf ihnen fallende Niederschlag gelangt durch Verdunstung wieder in die Atmosphäre zurück. Die Verdunstung ist hier also gleich dem Regenfall.

[1]) Jahrb. der Astron. und Geophysik 1896. S. 277.

Betrachten wir die Verteilung der Niederschlagsmenge auf den peripherischen Gebieten, so ergibt sich ein bedeutendes Übergewicht des Atlantischen Ozeans; denn sein Stromgebiet umfaſst einschlieſslich der Ostsee und des Mittelmeeres, aber ohne die Polarmeere, 44,5 Millionen Quadratkilometer, d. h. 40 % des gesamten peripherischen Gebietes der Erde, und die Regenmenge seines Einzugsgebietes beträgt 50 %, also die Hälfte der auf peripherischen Gebieten fallenden Niederschlagsmenge. Daher ist auch seine Niederschlagshöhe (1155 mm) beträchtlich, obwohl in seinem Einzugsgebiete weite Flächen mit Niederschlag unter 250 mm liegen, z. B. in Afrika und Südamerika.

An Niederschlagshöhe wird das Einzusgebiet des Atlantischen Ozeans allerdings von dem des Indischen Ozeans mit 1280 mm übertroffen. Aber sein Zuflusgebiet von nur 19,6 Millionen Quadratkilometer steht jenem bedeutend nach. Erst an letzter Stelle steht — abgesehen von den Polarmeeren, deren Einzugsgebiete zum groſsen Teil nur schätzungsweise bekannt sind — unter den peripherischen Gebieten das Einzugsgebiet des Stillen Ozeans, während die Gröſse seiner Oberfläche diejenigen der beiden genannten Meere weit übertrifft. Das ihm tributäre Gebiet hat infolge der unmittelbar an der Küste liegenden Wasserscheide an Amerika und Australien nur einen geringen Anteil; es umfaſst nur 15,8 Millionen Quadratkilometer mit einer Niederschlagshöhe von 850 mm.

Die Niederschlagsmenge der Einzugsgebiete der beiden Polarmeere ist sehr gering. Sie beträgt nur 10 % des auf dem Festland fallenden Niederschlags, während ihr Einzugsgebiet etwa 25 % der Erdfeste einnimmt.

Durch unsere Berechnung hat sich eine mittlere Niederschlagshöhe des Festlandes von 75 cm ergeben. Man wird daher darauf geführt, Gebiete mit mehr Niederschlag als regenreich, die übrigen als regenarm zu bezeichnen. Bei dieser Bezeichnung ergeben sich als regenreich Afrika, Madagaskar, der hinterindisch-australische Archipel und Süd-Amerika; als regenarm dagegen erscheinen Europa, Asien, Australien und Nord-Amerika. Dieses Resultat zeigt eine unmittelbare Übereinstimmung mit der in Tab. I—IV gegebenen Ausdehnung der von den einzelnen Isohyeten eingeschlossenen Flächen. Es haben nämlich einen Niederschlag unter dem Mittel, also unter 75 cm in Australien 81 %, in Asien 81 %, in Europa 82 %, in Nord-Amerika 71 %, dagegen in Afrika nur 48 %, in Süd-Amerika sogar nur 24 % der Landfläche. Auf der gesamten Erdoberfläche nimmt das im vorstehenden als niederschlagsarm bezeichnete Gebiet 66 % ein.

Bei der Verteilung der Niederschlagshöhe nach der geographischen Breite ergibt sich das Maximum am Äquator und eine Abnahme nach den Polen hin; nur bei etwa 50° südl. Br. finden wir noch einmal ein Ansteigen des Niederschlags, bedingt durch die regenreiche chilenische Küste. Auf der Südhemisphäre macht sich also die Trockenregion zwischen 20 und 40°

deutlich durch eine Verminderung des Niederschlags geltend, der polwärts wieder eine Steigerung erfährt. Auf der Nordhemisphäre fehlt diese Verminderung; sie äufsert sich nur darin, dafs bis etwa 30° der Niederschlag stark abnimmt, dann zwischen 30 und 60° nahezu konstant bleibt, um dann erst wieder abzunehmen.

Nach der Niederschlagsverteilung in den einzelnen Breitenzonen der Erde erscheint als regenreich das Gebiet zwischen 20° nördl. und 20° südl. Br. sowie zwischen 50 und 60° südl. Br.

Zur Vergleichung gebe ich in den angehängten Tabellen noch eine Gegenüberstellung der Niederschlagshöhe in den 10°-Zonen der Erde nach Murrays, Bezdeks und meiner Berechnung. Alle drei Resultate stimmen in dem Maximum am Äquator sowie in dem sekundären Maximum in etwa 50° südl. Br. überein. Murray hat dann noch ein sekundäres Maximum bei 40—50° nördl. Br., Bezdek bei 30—40° nördl. Br. Beide Maxima sind nach der Supanschen Karte ausgeschlossen. Bezdek begründet sein Maximum bei 30—40° nördl. Br. durch den grofsen Einflufs, „den die Bergriesen auf die Bildung des Niederschlages ausüben; denn hier erstreckt sich die gröfsere Masse der mächtig gefalteten Bergkolosse des alten Erdteiles und das Alleghany-Gebirge. Diese Gebirge entziehen den Seewinden den Niederschlag in so grofsem Mafse, dafs dadurch diese Zone ein Maximum erreicht". Hierauf ist jedoch zu erwidern, dafs Supan im Alleghany-Gebirge keinen Niederschlag über 1529 mm angibt, also durchaus keine aufsergewöhnliche Niederschlagsmenge, dafs ferner den regenreichen Bergriesen Asiens, die in dieser Zone liegen, gewaltige regenarme Gebiete in der Sahara, Arabien, Innerasien und Nord-Amerika gegenüberstehen, die den Einflufs der vermehrten Regenmenge der Gebirgsabhänge wieder aufheben. Bezdeks von meinem abweichendes Ergebnis ist eben nur auf seine oben besprochene unzulässige Berechnungsmethode zurückzuführen.

Gegenüber Murrays Berechnung der Niederschlagsmenge der festen Erdoberfläche erhalte ich eine Abweichung von — 8,48 %, die sich aber keineswegs gleichmäfsig auf die einzelnen Erdteile verteilt, sondern zum Teil positiv, zum Teil negativ ist. Abgesehen von Asien und einigen einzeln berechneten Inseln ergab sich stets eine geringere Niederschlagsmenge.

Abflufs und Verdunstung.

Nach der Berechnung des Niederschlages handelt es sich um die Bestimmung des jährlich von den Flüssen dem Meere zugeführten Wasservolumens. Es wurden dazu die im vorstehenden aufgezählten Flüsse nach Breitenzonen zusammengesellt, die Abflufskoeffizienten der einzelnen Stromgebiete aus dem Verhältnis der Wasserführung zur Niederschlagsmenge

ihres Einzugsgebietes berechnet (siehe Tab. XI) und der mittlere Abfluſskoeffizient einer 10°-Zone als das Mittel der Abfluſskoeffizienten der einzelnen Flüsse gebildet. Murray reihte die Flüsse nach der geographischen Breite ihrer Mündung in die einzelnen 10°-Zonen der Erde ein. Bei dieser Verteilung kommt man aber verschiedentlich zu widersinnigen Annahmen: So reihte z. B. Murray den Mississippi unter 20—30° nördl. Br. ein, obwohl nur ein verschwindend kleiner Teil seines Stromgebietes in diese Zone fällt, vielmehr der gröſsere Teil desselben zwischen 30 und 50° nördl. Br. liegt. Der Abfluſskoeffizient wird also durch den Teil südlich von 30° kaum merklich beeinfluſst, so daſs es richtiger erscheint, den Mississippi in der Zone von 30—40° aufzuzählen. Das gleiche gilt auch für eine Reihe anderer Flüsse. Ich reihte daher stets die Flüsse nach der Lage des Schwerpunktes ihres Abfluſsgebietes in die einzelnen 10°-Zonen der Erde ein und ermittelte daraus den Abfluſskoeffizienten der letzteren.

Aus dem Abfluſsfaktor jeder Breitenzone wurde durch Multiplikation desselben mit der Niederschlagshöhe die Abfluſshöhe, durch Multiplikation mit der Niederschlagsmenge die Abfluſsmenge dieser Zone ermittelt. Auf diese Weise erhielt ich folgende Verteilung von Niederschlag und Abfluſs in den Breitenzonen der Erde:

Breite	Niederschlag	Abfluſshöhe	Abfluſsfaktor
50—60° nördl.	504 mm	146 mm	28,92 %
40—50° „	508 „	177 „	34,93 „
30—40° „	522 „	147 „	28,21 „
20—30° „	786 „	289 „	36,78 „
10—20° „	947 „	153 „	16,13 „
10° nördl. bis 10° südl.	1765 „	577 „	32,68 „
10—20° südl.	1100 „	197 „	17,88 „
20—30° „	638 „	224 „	35,13 „
30—40° „	573 „	62 „	10,88 „

Diese Zusammenstellung zeigt, daſs die Abfluſshöhe am Äquator ihr Maximum erreicht und nach den Polen zu abnimmt. Diese Abnahme erfolgt aber nicht kontinuierlich; die beiden Wüstengürtel der Erde treten durch geringere Abfluſshöhe hervor.

Mit der Abnahme der Niederschlagshöhe geht auch eine Abnahme des Abfluſskoeffizienten Hand in Hand, je mehr wir uns vom Äquator entfernen; wir können daraus folgern, daſs die Abfluſsmenge sich in dieser Richtung schneller vermindert als die Niederschlagsmenge. Nur die Trockengebiete in den Passatzonen stören diese Abnahme des Abfluſskoeffizienten,

da dieser hier kleinere Werte als in den benachbarten Gebieten zeigt. In den Polargebieten selbst ist der Abflußfaktor jedenfalls wieder größer als in den gemäßigten Breiten, doch fehlen Beobachtungen.

Wir dürfen wohl annehmen, daß der als Mittel für die benutzten Stromgebiete ermittelte Abflußkoeffizient von 30 %, dem Abflußkoeffizienten des gesamten Festlandes annähernd entspricht. Zu dieser Annahme ist man wohl berechtigt, da sich die benutzten Stromsysteme auf alle Breitengrade der Erde zwischen 60° nördl. Br. und 40° südl. Br., sowie andererseits auf feuchte und trockene Klimate verteilen. Auf diese Weise fand ich, daß von den 101 450 cbkm Niederschlag der peripherischen Gebiete jährlich 30 640 cbkm durch die Flüsse dem Meere zugeführt werden. Murray fand als ähnliche Abflußmenge nur 25 000 cbkm oder 22 %. Die Abweichung meiner Zahl ist zum Teil eine Folge davon, daß ich mehr und anderes Material verwendet habe, das teilweise erst nach Murrays Arbeit erschienen ist, zum Teil dürfte sie sich auch aus meiner von Murrays Vorgang abweichenden Methode der Berechnung der Abflußkoeffizienten der Breitenzonen herleiten, dann aber auch aus dem um 8,48 % geringer erhaltenen Niederschlag.

Meine Zahl für den Abfluß der Festländer weicht auch von den von Reclus und Woeikof gegebenen ab. Reclus[1]) stellte alle Bestimmungen der im Unterlauf der Flüsse durchfließenden Wassermenge zusammen und erhielt durch deren Addition 350 000 cbm/sec. Da die Flußgebiete, für welche Zahlen vorliegen, etwa $\frac{1}{3}$ der Kontinente einnehmen, so multipliziert er mit 3 und erhält rund 1 000 000 cbm/sec = 28 000 cbkm pro Jahr, eine Zahl, die von der von mir berechneten nur wenig abweicht.

Diese Abflußmenge erschien Woeikof[2]) zu groß. Er findet, daß die meisten Flußgebiete, für welche Reclus Zahlen angibt, den feuchteren Gegenden der Erde angehören. Er multipliziert daher nicht mit 3, sondern mit 1,7, nimmt also an, daß die übrigen peripherischen Gebiete etwa die halbe Abflußhöhe besitzen. So erhält er als gesamte Abflußmenge der Erde nur 600 000 cbm/sec = 16 800 cbkm pro Jahr und als Abflußhöhe der Kontinente 17,4 cm. Als Abflußfaktor der Erdfeste nimmt Woeikof 25 % an und erhält demnach als Niederschlagshöhe der peripherischen Gebiete 70 cm; diese Zahl betrachtet er noch eher als zu hoch denn als zu niedrig. Die Abflußhöhe nach der Schätzung von Reclus würde 29 cm, also die in demselben Verhältnis gebildete Niederschlagshöhe 116 cm betragen, die Woeikof dann erst recht als zu groß betrachtet. Hiergegen ist zu erwidern, daß Woeikof die Niederschlagshöhe der peripherischen Gebiete unterschätzt, die nach meiner Berechnung 87 cm beträgt. Auch für den Abfluß-

[1]) Reclus, La Terre Bd. I. S. 514.
[2]) Woeikof, Klimate Bd. I. S. 50.

faktor hat er einen zu geringen Wert, nämlich $2\frac{1}{2}$ %, während ich 30 % gefunden habe, wobei meinen Berechnungen auch Flüsse in trockenen Gebieten zugrunde liegen. Sodann begeht Woeikof eine grofse Willkür, wenn er die Abflufshöhe der Gebiete, für welche keine Beobachtungen vorliegen, gleich der Hälfte der Abflufshöhe der Flufsgebiete mit bekannten Wassermengen ansetzt. Diese Umstände bedingen, dafs die Angabe Weikofs beträchtlich geringer ist als die von mir berechnete gesamte Abflufsmenge der Kontinente.

Bei der Berechnung der Verdunstung wurde die Annahme gemacht, dafs die Verdunstung gleich der Differenz von Niederschlag und Abfluſs ist. Zu dieser Annahme ist man ohne weiteres berechtigt. Denn würde, wie man früher glaubte, dem Wasserkreislauf auf der Erde durch Einsickern fortdauernd Wasser entzogen, so müfste, wie Brückner[1]) mit Recht bemerkt, sich ein ständiges Senken des Meeresspiegels bemerkbar machen, für das jedoch jedes Anzeichen fehlt. Es findet zwar ein stetes Einsickern von Wasser in das Erdreich statt; aber ein grofser Teil desselben wird von den oft mehrere Meter tief in den Erdboden eindringenden Wurzeln der Pflanzen der Vegetation zugeführt und gelangt so nachträglich durch Verdunsten in die Atmosphäre[2]). Ein beträchtlicher Teil des Grundwassers tritt auch in Quellen wieder zu Tage und trägt so zur Speisung der Flüsse bei, und der Rest desselben, der daher nur gering sein kann und der Wassermenge der Flüsse gegenüber zu vernachlässigen ist, strömt als Grundwasserstrom direkt dem Meere zu, ist also ebenfalls in den allgemeinen Kreislauf des Wassers eingeschaltet. Das durch Hydratisierung jährlich im Boden sich bindende Wasser beträgt nur einen verschwindenden Teil des Niederschlages und bleibt sicherlich innerhalb der Genauigkeitsgrenze, die für unsere Rechnungen überhaupt in Frage kommt, zumal es durch die Wassergasaushauchungen der Vulkane wieder kompensiert wird.

Es wurde daher die Verdunstungsmenge jedes einzelnen Flufsgebietes als die Differenz zwischen Niederschlag und Abfluſs berechnet und das gesamte im Laufe eines Jahres auf den peripherischen Landflächen verdunstende Wasservolumen zu 70810 cbkm gefunden, während die Verdunstung auf den abfluſslosen Gebieten gleich der Niederschlagsmenge, also = 10490 cbkm ist. Die Verdunstungshöhe eines Gebietes ergibt sich dann unmittelbar als die Differenz der Niederschlags- und Abflufshöhe. Eine solche Berechnung der Verdunstungshöhe hat als erster und zwar auf Grund der Murrayschen Zahlen Brückner versucht[3]).

[1]) Brückner, Die Bilanz des Kreislaufs des Wassers auf der Erde. Geogr. Zeitschrift 1905. S. 437.

[2]) Brückner, Die Herkunft des Regens. Geographische Zeitschrift 1900. S. 93.

[3]) Meteorologische Zeitschrift 1887, Literatur-Bericht S. 63. Da Brückners Berechnungen der Verdunstung hier nur im Referat auftreten, so sind sie oft irrtümlich Murray zugeschrieben worden.

Es liegt nun auch nahe, die Verdunstungshöhe in den einzelnen Breitenzonen der Erde zu untersuchen, wie dies oben schon für die Niederschlags- und Abflufshöhe geschehen ist. Es ergab sich dabei folgende Verteilung der Verdunstungshöhe:

Breite	Verdunstung nach Brückner 1887	Fritzsche 1906
50—60° nördl.	365 mm	358 mm
40—50° „	510 „	331 „
30—40° „	835 „	375 „
20—30° „	805 „	497 „
10—20° „	885 „	794 „
10° nördl. bis 10° südl.	1375 „	1188 „
10—20° südl.	—	903 „
20—30° „	950 „	414 „
30—40° „		511 „

Die Verdunstungshöhe erreicht am Äquator ihren gröfsten Wert und nimmt nach den Polen hin stetig ab; sie zeigt dadurch ihren unmittelbaren Zusammenhang mit der Temperaturverteilung. Das sekundäre Maximum der Verdunstungshöhe in 30—40° südlicher Breite dürfte sich daraus erklären, dafs die beiden der Berechnung desselben zugrunde gelegten Flüsse (der Murray und Olifant) einem sehr trockenen und heifsen Gebiete angehören, in dem eine starke Verdunstung herrscht.

Für die Flüsse derselben Breitenzone zeigt sich oft bei ähnlichen klimatischen Verhältnissen eine ziemliche Übereinstimmung der Verdunstungshöhe, die namentlich bei den am besten bekannten, nämlich den norddeutschen Flüssen, hervortritt. Es liegt daher nahe, auch in den übrigen Klimaprovinzen eine ähnliche Konstanz der Verdunstungshöhe zu vermuten, eine Annahme, die sehr viel für sich hat und a priori leicht zu begreifen wäre, deren Bestätigung allerdings späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben mufs. Es ergibt sich daraus, dafs die Abflufsmenge eines Flusses aufser vom Niederschlag unmittelbar von der Verdunstung, also von der Temperatur und Luftfeuchtigkeit seines Gebietes abhängig ist. Dies Ergebnis bestätigt eine Hypothese von Penck, zu welcher dieser auf anderem Wege gelangte, dafs nämlich, wenn die Niederschlagshöhe eines Flufsgebietes unter einen gewissen Wert sinkt, Abflufslosigkeit eintritt. Dieser untere Grenzwert ist danach die Verdunstungshöhe.

Die Bilanz des Wasserhaushalts der Erde.

Aus den im vorstehenden berechneten Werten für Niederschlag, Abflufs und Verdunstung auf der Erdoberfläche ist es möglich, eine Bilanz

des Wasserhaushaltes der Erde aufzustellen, d. h. eine Bestimmung der Wassermengen, die im Kreislauf des Wassers eingeschlossen sind, wie dies auf Grund der Murrayschen Zahlen zuerst Brückner getan. Hierbei gilt die Voraussetzung, daſs wir diesen Kreislauf des Wassers als stationär betrachten können, d. h. daſs erstens die am Kreislauf teilnehmende Wassermenge sich von einem Jahr zum anderen nicht ändert und daſs zweitens der den Kreislauf bildenden Wassermenge weder dauernd Massen entzogen noch Massen von aufserhalb zugeführt werden. Die erste Voraussetzung trifft zu, wenn wir, soweit möglich, langjährige Mittelwerte verwenden, wie dies in vorliegender Arbeit geschah; die zweite Bedingung ist, wie im im einzelnen gezeigt, streng erfüllt.

In einer Bilanz des Kreislaufs des Wassers müssen, wie Brückner ausführt, folgende 7 Posten berücksichtigt werden:

1. Die jährliche Verdunstung vom Meer *Vm*.
2. Der jährliche Regenfall auf dem Meer *Rm*.
3. Die jährlich in der Atmosphäre vom Meer auf das Land übertretende Wasserdampfmenge *Dm*.
4. Die jährliche Verdunstung vom Land *Vl*.
5. Der jährliche Regenfall auf dem Land *Rl*.
6. Die jährlich in der Atmosphäre vom Land auf das Meer übertretende Wasserdampfmenge *Dl*.
7. Die jährliche Wasserführung der Flüsse zum Ozean *F*.

Brückner hat gezeigt, daſs die Wasserführung der Flüsse ganz streng die Differenz zwischen der Wasserdampfmenge darstellt, die vom Meer auf das Land, und derjenigen, die vom Land auf das Meer übertritt, daſs also $F = Dm - Dl$ ist. Die Bilanz des Wasserhaushaltes der Erde wird dann durch die beiden Gleichungen

$$Rm = Vm - F$$
$$Rl = Vl + F \text{ dargestellt.}$$

Von den hier auftretenden Gröſsen sind im vorstehenden *Rl*, *F* und daraus *Vl* bestimmt worden. Für die jährliche Verdunstung vom Meer hat Brückner nach Schätzungen der Verdunstung von gröſseren Wasserflächen in den einzelnen Breitenzonen einen Wert von 384 000 cbkm berechnet. Dies entspricht einer mittleren Verdunstungshöhe von 106 cm; die tatsächliche Verdunstungshöhe ist etwas gröſser im Stillen und Indischen Ozean, weil sie keinen Anteil an den kalten nördlichen Meeren haben. Unsere beiden Gleichungen gestatten uns daher, auch die Niederschlagsmenge auf dem Weltmeer zu berechnen. Setzen wir die erhaltenen Werte für die Verdunstung vom Meer, den Regenfall des Festlandes und die Wasserführung

der Flüsse in die obigen Gleichungen ein, so erhalten wir die folgende Bilanz des Wasserhaushaltes der Erde. Hierbei sind die Areale auf Millionen Quadratkilometer, die Wassermengen auf 10 cbkm und die entsprechenden Niederschlags-, Abflufs- und Verdunstungshöhen auf ganze Zentimeter abgerundet.

	Nach Fritzsche			Abweichung gegen Brückner		
	cbkm	cm	%	cbkm	cm	%
A. *Ganze Erde* (510 000 000 qkm).						
Verdunstung vom Meer . . .	384000	75	82	± 0	± 0	+ 2
Verdunstung vom Land . . .	81300	16	18	—15700	— 3	— 2
Gesamter Regenfall der Erde .	465300	91	100	—15700	— 3	± 0
B. *Weltmeer* (361 000 000 qkm).						
Verdunstung vom Meer . . .	384000	106	100	± 0	+ 1	± 0
Auf das Land übertretender Wasserdampf	30640	8	8	+5640	+ 1	+ 1
Regenfall auf dem Weltmeer .	353360	98	92	—5640	± 0	— 1
C. *Peripherische Landflächen* (117 000 000 qkm).						
Wasserdampfzufuhr vom Meer .	30640	26	43	+ 5640	+ 4	+14
Verdunstung vom peripherischen Land	70810	61	100	—16190	—15	± 0
Regenfall auf peripherischem Land	101450	87	143	—10550	—11	+14
D. *Abflußlose Gebiete* (32 000 000 qkm).						
Verdunstung vom abflufslosen Gebiet	10490	33	100	+490	± 0	± 0
Regenfall auf abflufslosem Gebiet	10490	33	100	+490	± 0	± 0

Unsere Tabelle zeigt, dafs etwa $^1/_5$ bis $^1/_6$ des jährlich auf der gesamten Erde niederfallenden Regens der Verdunstung von den Landflächen entstammt. Der Ozean ist also nicht allein der Spender der Feuchtigkeit, für den er früher ausschliefslich galt. Das Verhältnis der Verdunstungsmenge der Landflächen zu der auf den Meeren ist annähernd 2 : 9 (Brückner 2 : 8), während sich die Flächen verhalten wie 2 : 5. Die jährliche Verdunstungshöhe des Festlandes beträgt 55 cm, und zwar 61 cm auf den peripherischen und 33 cm auf den abflufslosen Gebieten.

Nach dem Verhältnis zwischen Niederschlag und Abfluſs hat Brückner auf der Erde drei groſse Gebiete unterschieden, nämlich das Weltmeer, die peripherischen und die abflusslosen Gebiete der Landflächen.

I. Das Weltmeer. Hier übersteigt die Verdunstung die Niederschlagsmenge, und zwar um den Betrag der jährlichen Wasserführung der Flüsse. Aber diese Abgabe von Wasserdampf beträgt nur 8 % der gesamten Verdunstung, während 92 % der auf dem Ozean verdunstenden Wassermenge auf dem Weltmeer wieder als Regen fallen und damit den kleinen Kreislauf des Wassers schlieſsen.

II. Die peripherischen Landflächen. Auf diesen ist die Verdunstung erheblich kleiner als die Niederschlagsmenge, da kein unbegrenzter Wasservorrat zur Verfügung steht. Der Niederschlag beträgt 143 %, also fast das 1½ fache der Verdunstung, während Brückner ihn nur zu 129 % derselben gefunden hatte. Es findet ein steter Übertritt von Wasserdampf vom Meere auf das Festland statt, dessen Betrag dem Meere durch die Wassermenge der Flüsse wieder zugeführt wird. Etwa 70 % der auf peripherischem Gebiet fallenden Niederschlagsmenge entstammt nicht der Verdunstung vom Meere, sondern von den Landflächen selbst.

III. Die abflusslosen Gebiete sind aus dem allgemeinen Kreislauf des Wassers gleichsam ausgeschaltet. Der gesamte auf ihnen fallende Niederschlag gelangt durch Verdunsten wieder in die Atmosphäre zurück. Empfangen sie auch aus benachbarten Gebieten Zufuhr von Wasserdampf, so wird doch die gleiche Menge durch Verdunsten wieder abgegeben.

Die verhältnismäſsig geringen Abweichungen, die sich gegen die von Brückner aufgestellte Bilanz ergeben, die auf einem ganz anderen Material beruht, zeigen uns, daſs wir keineswegs nur die Gröſsenordnung der Werte, um die es sich hier handelt, kennen, sondern daſs unsere Zahlen sich den wahren Werten schon ziemlich nähern dürften. Unsere Werte fallen alle innerhalb der von Brückner angegebenen Fehlergrenzen seiner Resultate. Die von mir gefundene Niederschlagsmenge unterscheidet sich von der von Brückner benutzten Murrayschen Zahl nur um — 8,5 %, wovon 2,3 % auf die Südpolargebiete allein entfallen, während Brückner eine äuſserste Fehlergrenze von 20 % annahm. Auch die gefundene Abweichung des Abflussfaktors: + 8 % bleibt innerhalb der von Brückner aufgestellten Maximalabweichung von 11 %. Daher sind wir wohl zu der Schluſsfolgerung berechtigt, daſs unsere Werte von den wahren nur noch wenig entfernt sind. Wegen der im einzelnen besprochenen technischen Schwierigkeiten ist eine genaue Lösung des vorliegenden Problems aufserordentlich erschwert und daher in nächster Zeit überhaupt noch nicht zu erwarten. Den Stand unserer jetzigen Kenntnis desselben nach den vorhandenen Beobachtungen darzulegen, war die Aufgabe der vorliegenden Abhandlung.

Tabelle I.

Zusammenstellung der von den einzelnen Isohyeten eingeschlossenen Flächen nach Kontinenten und Inseln.

Die angegebenen Zahlen für die Areale sind mit 1000 multipliziert zu denken und bedeuten dann qkm.

	< 250 mm	250—500 mm	500—750 mm	750—1000 mm	1000—2000 mm	> 2000 mm	Zusammen
Europa.							
70—80° nördl.	2	22	[0,3]	1	3	—	28
60—70° „	109	1 784	269	76	46	—	2 284
50—60° „	—	1 349	2 116	221	166	21	3 873
40—50° „	83	780	1 148	698	376	14	3 099
30—40° „	—	148	173	75	8	1	405
	194	4 083	3 706	1 071	599	36	9 689
Abflufsloses Gebiet	81	1 088	498	—	—	—	1 661
Nördliches Eismeer	113	1 392	45	21	16	—	1 587
Atlantischer Ozean	—	677	1 894	617	277	22	3 487
Mittelmeer	—	932	1 269	433	306	14	2 954
	194	4 083	3 706	1 071	599	36	9 689
Afrika.							
Abflufslos Geb. . . .	6 345	1 418	1 236	1 451	958	—	11 408
Mittelmeer	1 009	246	237	1 045	985	—	3 522
Atlantischer Ozean	818	665	540	1 270	6 162	530	9 985
Indischer Ozean . .	296	287	1 007	1 928	756	32	4 306
	8 468	2 616	3 020	5 694	8 861	562	29 221
30—40° nördl.	715	843	65	17	—	—	1 640
20—30° „	5 432	78	6	—	—	—	5 516
10—20° „	1 453	705	929	2 475	1 282	16	6 860
0—10° „	—	60	963	535	3 877	506	5 941
0—10° südl.	—	45	79	777	2 599	6	3 506
10—20° „	64	230	384	1 387	1 057	34	3 156
20—30° „	698	459	448	478	39	—	2 122
30—40° „	106	196	146	25	7	—	480
	8 468	2 616	3 020	5 694	8 861	562	29 221
Madagaskar.							
10—20° südl.	—	—	—	—	288	62	350
20—30° „	—	54	30	32	99	27	242
	—	54	30	32	387	89	592

	< 250 mm	250—500 mm	500—750 mm	750—1000 mm	1000—2000 mm	> 2000 mm	Zusammen
Asien.							
70—80° nördl.	1 194	—	—	—	—	—	1 194
60—70° „	1 667	4 203	140	—	—	—	6 010
50—60° „	471	4 882	465	66	126	—	6 010
40—50° „	4 617	2 017	1 440	72	60	9	8 215
30—40° „	3 954	2 829	1 242	651	352	34	9 062
20—30° „	2 395	724	333	1 551	2 466	497	7 966
10—20° „	590	151	260	700	1 013	283	2 997
0—10° „	—	—	—	30	63	233	326
	14 888	14 806	3 880	3 070	4 080	1 056	41 780
Abflufsloses Gebiet	9 097	2 854	341	35	19	—	12 346
Nördliches Eismeer	3 291	7 912	23	13	—	—	11 239
Stiller Ozean	618	2 125	2 657	872	1 181	15	7 468
Indischer Ozean . .	1 808	1 552	669	2 112	2 849	1 032	10 022
Mittelmeer	74	363	190	38	31	9	705
	14 888	14 806	3 880	3 070	4 080	1 056	41 780
Japan.							
40—50° nördl.	—	—	—	—	99	—	99
30—40° „	—	—	—	—	183	84	267
	—	—	—	—	282	84	366
Philippinen.							
10—20° nördl.	—	—	—	—	77	96	173
0—10° „	—	—	—	—	66	57	123
	—	—	—	—	143	153	296
Ostindischer Archipel.							
0—10° nördl.	—	—	—	—	—	699	699
0—10° südl.	—	—	—	—	106	890	996
10—20° „	—	—	—	—	5	—	5
	—	—	—	—	111	1 589	1 700
Neu-Guinea.							
0—10° südl.	—	—	—	—	37	737	774
10—20° „	—	—	—	—	—	11	11
	—	—	—	—	37	748	785
Indischer Ozean . .	—	—	—	—	4	71	75
Stiller Ozean	—	—	—	—	33	677	710
	—	—	—	—	37	748	785

	< 250 mm	250—500 mm	500—750 mm	750—1000 mm	1000—2000 mm	> 2000 mm	Zusammen
Australien.							
10—20° südl.	63	430	339	328	436	16	1 612
20—30° „	2 660	822	300	259	120	—	4 161
30—40° „	494	542	505	254	62	—	1 857
	3 217	1 794	1 144	841	618	16	7 630
Abflufsloses Gebiet	2 770	1 050	346	46	—	—	4 212
Indischer Ozean . .	447	744	703	583	382	6	2 865
Stiller Ozean	—	—	95	212	236	10	553
	3 217	1 794	1 144	841	618	16	7 630
Tasmanien.							
Indischer Ozean . .	—	—	4	7	15	—	26
Stiller Ozean	—	—	29	7	4	—	40
	—	—	33	14	19	—	66
Neu-Seeland.							
30—40° südl.	—	—	—	37	60	—	97
40—50° „	—	—	9	93	39	30	171
	—	—	9	130	99	30	268
Süd-Amerika.							
10—20° nördl.	—	—	—	—	154	—	154
0—10° „	—	—	—	362	1 670	821	2 853
0—10° südl.	71	254	157	432	1 194	2 929	5 037
10—20° „	143	845	270	431	2 053	511	4 253
20—30° „	487	185	146	144	1 722	79	2 763
30—40° „	443	346	325	265	346	7	1 732
40—50° „	204	319	35	40	36	120	754
50—60° „	—	64	45	27	14	36	186
	1 348	2 013	978	1 701	7 189	4 503	17 732
Abflufsloses Gebiet	655	579	230	20	—	—	1 484
Atlantischer Ozean	415	1 162	654	1 578	7 031	4 254	15 094
Stiller Ozean	278	272	94	103	158	249	1 154
	1 348	2 013	978	1 701	7 189	4 503	17 732
Nord-Amerika.							
70—80° nördl.	48	27	—	—	—	—	75
60—70° „	1 843	1 807	44	38	65	—	3 797
50—60° „	46	3 033	1 183	62	250	127	4 701
40—50° „	167	1 720	1 234	1 523	401	26	5 071
30—40° „	710	1 039	458	513	1 483	—	4 203
20—30° „	42	428	646	177	204	—	1 497
10—20° „	—	—	27	296	493	115	931
0—10° „	—	—	—	25	69	10	104
	2 856	8 054	3 592	2 634	2 965	278	20 379

	<250 mm	250–500 mm	500–750 mm	750–1000 mm	1000–2000 mm	>2000 mm	Zusammen
Abflufsloses Gebiet	365	366	126	12	—	—	869
Nördliches Eismeer	1 907	2 952	1 148	—	—	—	6 007
Atlantischer Ozean	54	2 046	1 767	2 151	2 444	108	8 570
Stiller Ozean	530	2 690	551	471	521	170	4 933
	2 856	8 054	3 592	2 634	2 965	278	20 379
Westindien.							
20—30° nördl.	—	—	—	—	130	—	130
10—20° „	—	—	—	—	115	—	115
	—	—	—	—	245	—	245
Nord-Polargebiete.							
80—90° nördl.	—	500	—	—	—	—	500
70—80° „	—	2 047	—	—	—	—	2 047
60—70° „	560	—	840	—	—	—	1 400
	560	2 547	840	—	—	—	3 947
Süd-Polargebiete.							
60—90° südl.	—	14 000	—	—	—	—	14 000
	—	14 000	—	—	—	—	14 000

Tabelle II.

Zusammenstellung der von den einzelnen Isohyeten eingeschlossenen Flächen nach der Geographischen Breite.

Die angegebenen Zahlen für die Areale sind mit 1000 multipliziert zu denken und bedeuten dann qkm.

	<250 mm	250–500 mm	500–750 mm	750–1000 mm	1000–2000 mm	>2000 mm	Zusammen
80—90° nördl. Br.							
Polargebiete	—	500	—	—	—	—	500
	—	500	—	—	—	—	500
70—80° nördl. Br.							
Nord-Amerika . . .	48	27	—	—	—	—	75
Asien	1 194	—	—	—	—	—	1 194
Europa	2	22	[0,3]	1	3	—	28
Polar-Gebiete . . .	—	2 047	—	—	—	—	2 047
	1 244	2 096	[0,3]	1	3	—	3 344

	< 250 mm	250–500 mm	500–750 mm	750–1000 mm	1000–2000 mm	> 2000 mm	Zusammen
60–70° nördl. Br.							
Nord-Amerika	1 843	1 807	44	38	65	—	3 797
Asien	1 667	4 203	140	—	—	—	6 010
Europa	109	1 784	269	76	46	—	2 284
Polar-Gebiete	560	—	840	—	—	—	1 400
	4 179	7 794	1 293	114	111	—	13 491
50–60° nördl. Br.							
Nord-Amerika	46	3 033	1 183	62	250	127	4 701
Asien	471	4 882	465	66	126	—	6 010
Europa	—	1 349	2 116	221	166	21	3 873
	517	9 264	3 764	349	542	148	14 584
40–50° nördl. Br.							
Nord-Amerika	167	1 720	1 234	1 523	401	26	5 071
Asien	4 617	2 017	1 440	72	60	9	8 215
Japan	—	—	—	—	99	—	99
Europa	83	780	1 148	698	376	14	3 099
	4 867	4 517	3 822	2 293	936	49	16 484
30–40° nördl. Br.							
Afrika	715	843	65	17	—	—	1 640
Nord-Amerika	710	1 039	458	513	1 483	—	4 203
Asien	3 954	2 829	1 242	651	352	34	9 062
Japan	—	—	—	—	183	84	267
Europa	—	148	173	75	8	1	405
	5 379	4 859	1 938	1 256	2 026	119	15 577
20–30° nördl. Br.							
Afrika	5 432	78	6	—	—	—	5 516
Nord-Amerika	42	428	646	177	204	—	1 497
Westindien	—	—	—	—	130	—	130
Asien	2 395	724	333	1 551	2 466	497	7 966
	7 869	1 230	985	1 728	2 800	497	15 109
10–20° nördl. Br.							
Afrika	1 453	705	929	2 475	1 282	16	6 860
Süd-Amerika	—	—	—	—	154	—	154
Nord-Amerika	—	—	27	296	493	115	931
Westindien	—	—	—	—	115	—	115
Asien	590	151	260	700	1 013	283	2 997
Philippinen	—	—	—	—	77	96	173
	2 043	856	1 216	3 471	3 134	510	11 230

	<250 mm	250 - 500 mm	500—750 mm	750—1000 mm	1000—2000 mm	<2000 mm	Zusammen
0—10° nördl. Br.							
Afrika	—	60	963	535	3 877	506	5 941
Süd-Amerika	—	—	—	362	1 670	821	2 853
Nord-Amerika	—	—	—	25	69	10	104
Philippinen	—	—	—	—	66	57	123
Asien	—	—	—	30	63	233	326
Ostind. Archipel	—	—	—	—	—	699	699
	—	60	963	952	5 745	2 326	10 046
0—10° südl. Br.							
Neu-Guinea	—	—	—	—	37	737	774
Afrika	—	45	79	777	2 599	6	3 506
Süd-Amerika	71	254	157	432	1 194	2 929	5 037
Ostind. Archipel	—	—	—	—	106	890	996
	71	299	236	1 209	3 936	4 562	10 313
10—20° südl. Br.							
Australien	63	430	339	328	436	16	1 612
Neu-Guinea	—	—	—	—	—	11	11
Afrika	64	230	384	1 387	1 057	34	3 156
Madagaskar	—	—	—	—	288	62	350
Süd-Amerika	143	845	270	431	2 053	511	4 253
Ostind. Archipel	—	—	—	—	5	—	5
	270	1 505	993	2 146	3 839	634	9 387
20—30° südl. Br.							
Australien	2 660	822	300	259	120	—	4 161
Afrika	698	459	448	478	39	—	2 122
Madagaskar	—	54	30	32	99	27	242
Süd-Amerika	487	185	146	144	1 722	79	2 763
	3 845	1 520	924	913	1 980	106	9 288
30—40° südl. Br.							
Australien	494	542	505	254	62	—	1 857
Neu-Seeland	—	—	—	37	60	—	97
Afrika	106	196	146	25	7	—	480
Süd-Amerika	443	346	325	265	346	7	1 732
	1 043	1 084	976	581	475	7	4 166

	< 250 mm	250—500 mm	500—750 mm	750—1000 mm	1600—2000 mm	> 200 mm	Zusammen
40—50° südl. Br.							
Tasmanien	—	—	33	14	19	—	66
Neu-Seeland	—	—	9	93	39	30	171
Süd-Amerika	204	319	35	40	36	120	754
	204	319	77	147	94	150	991
50—60° südl. Br.							
Süd-Amerika	—	64	45	27	14	36	186
	—	64	45	27	14	36	186
60—90° südl. Br.							
Polar-Gebiete	—	14 000	—	—	—	—	14 000
	—	14 000	—	—	—	—	14 000

Tabelle III.

Zusammenstellung der von den einzelnen Isohyeten eingeschlossenen Flächen nach den Einzugsgebieten der Ozeane.

Die angegebenen Zahlen für die Areale sind mit 1000 multipliziert zu denken und bedeuten dann qkm.

	< 250 mm	250—500 mm	500—750 mm	750—1000 mm	1000—2000 mm	> 2000 mm	Zusammen
Abflußlose Gebiete.							
Australien	2 770	1 050	346	46	—	—	4 212
Afrika	6 345	1 418	1 236	1 451	958	—	11 408
Süd-Amerika	655	579	230	20	—	—	1 484
Nord-Amerika	365	366	126	12	—	—	869
Asien	9 097	2 854	341	35	19	—	12 346
Europa	81	1 082	498	—	—	—	1 661
	19 313	7 349	2 777	1 564	977	—	31 980
Atlantischer Ozean.							
Afrika	818	665	540	1 270	6 162	530	9 985
Süd-Amerika	415	1 162	654	1 578	7 031	4 254	15 094
Nord-Amerika	54	2 046	1 767	2 151	2 444	108	8 570
West-Indien	—	—	—	—	245	—	245
Europa	—	677	1 894	617	277	22	3 487
	1 287	4 550	4 855	5 616	16 159	4 914	37 381

	< 250 mm	250—500 mm	500—750 mm	750—1000 mm	1000 - 2000 mm	> 2000 mm	Zusammen
Mittelmeer.							
Afrika	1 009	246	237	1 045	985	—	3 522
Asien	74	363	190	38	31	9	705
Europa	—	932	1 269	433	306	14	2 954
	1 083	1 541	1 696	1 516	1 322	23	7 181
Stiller Ozean.							
Australien	—	—	95	212	236	10	553
Tasmanien	—	—	29	7	4	—	40
Neu-Seeland	—	—	9	130	99	30	268
Neu-Guinea	—	—	—	—	33	677	710
Süd-Amerika	278	272	94	103	158	249	1 154
Nord-Amerika	530	2 690	551	471	521	170	4 933
Asien	618	2 125	2 657	872	1 181	15	7 468
Japan	—	—	—	—	282	84	366
Philippinen	—	—	—	—	143	153	296
	1 426	5 087	3 435	1 795	2 657	1 388	15 788
Indischer Ozean.							
Australien	447	744	703	583	382	6	2 865
Tasmanien	—	—	4	7	15	—	26
Neu-Guinea	—	—	—	—	4	71	75
Afrika	296	287	1 007	1 928	756	32	4 306
Madagaskar	—	54	30	32	387	89	592
Asien	1 808	1 552	669	2 112	2 849	1 032	10 022
Ostind. Archipel	—	—	—	—	111	1 589	1 700
	2 551	2 637	2 413	4 662	4 504	2 819	19 586
Nördliches Polarmeer.							
Nord-Amerika	1 907	2 952	1 148	—	—	—	6 007
Asien	3 291	7 912	23	13	—	—	11 239
Europa	113	1 392	45	21	16	—	1 587
Nord-Polar-Gebiet	560	2 547	840	—	—	—	3 947
	5 871	14 803	2 056	34	16	—	22 780
Südliches Polarmeer.							
Polar-Gebiete	—	14 000	—	—	—	—	14 000
	—	14 000	—	—	—	—	14 000

Tabelle IV.

Zusammenstellung der von den einzelnen Isohyeten eingeschlossenen Flächen auf der gesamten Landfläche der Erde.

Die angegebenen Zahlen für die Areale sind mit 1000 multipliziert zu denken und bedeuten dann qkm.

A. Nach der geographischen Breite.

	< 250 mm	250—500 mm	500—750 mm	750—1000 mm	1000—2000 mm	> 2000 mm	Zusammen
80—90° nördl. . . .	—	500	—	—	—	—	500
70—80° „	1 244	2 096	[0,3]	1	3	—	3 344
60—70° „	4 179	7 794	1 293	114	111	—	13 491
50—60° „	517	9 264	3 764	349	542	148	14 584
40—50° „	4 867	4 517	3 822	2 293	936	49	16 484
30—40° „	5 379	4 859	1 938	1 256	2 026	119	15 577
20—30° „	7 869	1 230	985	1 728	2 800	497	15 109
10—20° „	2 043	856	1 216	3 471	3 134	510	11 230
0—10° „	—	60	963	952	5 745	2 326	10 046
0—10° südl. . . .	71	299	236	1 209	3 936	4 562	10 313
10—20° „	270	1 505	993	2 146	3 839	634	9 387
20—30° „	3 845	1 520	924	913	1 980	106	9 288
30—40° „	1 043	1 084	976	581	475	7	4 166
40—50° „	204	319	77	147	94	150	991
50—60° „	—	64	45	27	14	36	186
60—90° „	—	14 000	—	—	—	—	14 000
	31 531	49 967	17 232	15 187	25 635	9 144	148 696

B. Nach Einzugsgebieten der Ozeane.

	< 250 mm	250—500 mm	500—750 mm	750—1000 mm	1000—2000 mm	> 2000 mm	Zusammen
Abflufsloses Gebiet	19 313	7 349	2 777	1 564	977	—	31 980
Atlantischer Ozean	1 287	4 550	4 855	5 616	16 159	4 914	37 381
Mittelmeer	1 083	1 541	1 696	1 516	1 322	23	7 181
Stiller Ozean	1 426	5 087	3 435	1 795	2 657	1 388	15 788
Indischer Ozean . .	2 551	2 637	2 413	4 662	4 504	2 819	19 586
Nördl. } Polarmeer .	5 871	14 803	2 056	34	16	—	22 780
Südl. }	—	14 000	—	—	—	—	14 000
	31 531	49 967	17 232	15 187	25 635	9 144	148 696

Tabelle V.

Berechnung der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge der Festländer und Inseln.

	Flächeninhalt qkm	Berechnung I. cbkm	Berechnung II. cbkm	Berechnung III. cbkm	Berechnung IV. cbkm	Mittel cbk m	Niederschlags-Höhe	Wahrscheinl. Fehler.
Europa	9 689 165	5 744,10	5 761,46	5 754,30	5 789,44	5 762,32	595 mm	± 0,11 %
Afrika	29 220 540	23 337,50	23 795.08	23 298,50	23 841,54	23 568,16	807 „	0,41 „
Madagaskar	592 138	849,38	849,38	859.82	901,88	865,12	1 461 „	0,97 „
Asien	41 780 381	25 522,00	25 317,55	25 343,60	25 257,91	25 360,26	607 „	0,16 „
Japan	366 362	626,00	626,00	633,83	596,79	620,65	1 694 „	0,88 „
Philippinen	296 182	591,54	591,54	594,13	592,99	592,55	2 001 „	0,07 „
Ostind. Archipel . . .	1 699 741	4 652,18	4 652,18	4 684,87	4 684,87	4 668,52	2 747 „	0,14 „
Neu-Guinea	785 362	2 344 96	2 347,95	2 342,46	2 340,33	2 343,92	2 984 „	0,05 „
Australien	7 630 330	3 588.70	3 623,87	3 633,28	3 663,09	3 627,24	475 „	0,28 „
Tasmanien	66 144	58 19	58,48	57,19	57,19	57,76	873 „	0,39 „
Neu-Seeland	268 461	323,10	323,10	324,82	324,13	323,79	1 179 „	0,09 „
Nord-Amerika	20 378 482	12 924,90	12 847,70	12 954,60	12 745,32	12 868,13	631 „	0,24 „
Süd-Amerika	17 731 740	25 305,00	25 616,76	25 379,00	24 454,03	25 188,70	1 424 „	0,68 „
Westindien	244 477	354,05	354,05	354,05	354,05	354,05	1 448 „	
Nord-Polar-Gebiet .	3 947 000	1 540,00	1 540,00	1 540,00	1 540,00	1 540,00	390 „	
Süd-Polar-Gebiet . .	14 000 000	4 200,00	4 200,00	4 200,00	4 200,00	4 200,00	300 „	
Im Ganzen	148 696 505	111 961,60	112 505,10	111 954,45	111 343,56	111 941,17	753 mm	+ 0,14 %

Tabelle VI.

Vergleich der gefundenen Niederschlagsmengen mit Murrays Berechnung.

Gebiet	Niederschlagsmengen in cbkm nach Murray	nach Fritzsche	Differenz cbkm	Differenz %
Europa	6 016,40	5 762,32	— 254,08	— 4,22
Afrika	24 269,55	23 568,16	— 701,39	— 2,90
Madagaskar	625,60	865,12	+ 239,52	+ 27,68
Asien	23 457,00	25 360,26	+ 1 903,26	+ 7,51
Japan	645,61	620,65	— 24,96	— 3,86
Philippinen	733,15	592,55	— 140,60	— 19,18
Ostindischer Archipel	4 611,90	4 668,52	+ 56,62	+ 1,21
Neu-Guinea	2 689,00	2 343,92	— 345,08	— 12,83
Australien und Tasmanien	4 038,30	3 685,00	— 353,30	— 8,75
Neu-Seeland	351,36	323,79	— 27,57	— 9,65
Nord-Amerika	15 899,70	12 868,13	— 3 031,57	— 19,07
Süd-Amerika	30 424,00	25 188,70	— 5 235,30	— 17,21
Westindien	353,02	354,05	+ 1,03	+ 0,29
Nord-Polar-Gebiet	1 167,43	1 540,00	+ 372,57	+ 24,19
Süd-Polar-Gebiet	7 036,20	4 200,00	— 2 836,20	— 40,31
Im Ganzen	122 318,22	111 941,17	— 10 377,05	— 8,48

Tabelle VII.

Verteilung der mittleren Niederschlagshöhe nach der geographischen Breite.

Nach den Berechnungen von Murray, Bezdek und Fritzsche.

Breite	nach Murray mm	nach Bezdek mm	nach Fritzsche mm
60—70° nördl.	370	407	348
50—60° „	550	572	504
40—50° „	570	677	508
30—40° „	555	732	522
20—30° „	675	705	786
10—20° „	950	1 037	947
0—10° „	1 970	1 702	1 716
0—10° südl.	1 885	1 735	1 812
10—20° „	1 230	1 325	1 100
20—30° „	655	987	638
30—40° „	700	747	573
40—50° „	1 055	745	870
50—60° „	1 045	795	1 021

Tabelle VIII.

Übersicht über die Niederschlagsmengen und -höhen in den einzelnen Breitenzonen der Erde.

Breite	Flächeninhalt qkm	Niederschlagshöhe mm	Niederschlagsmenge cbkm
80—90° nördl.	500 000	340	170,00
70—80° „	3 343 085	259	865,66
60—70° „	13 490 782	348	4 692,88
50—60° „	14 583 298	504	7 350,95
40—50° „	16 484 103	508	8 368,37
30—40° „	15 577 937	522	8 152,56
20—30° „	15 108 414	786	11 878,99
10—20° „	11 231 750	947	10 636,14
0—10° „	10 046 127	1 716	17 240,34
0—10° südl	10 313 626	1 812	18 692,35
10—20° „	9 387 224	1 100	10 326,72
20—30° „	9 285 435	638	5 927,32
30—40° „	4 167 404	573	2 386,06
40—50° „	991 070	870	862,72
50—60° „	186 250	1 021	190,11
60—90° „	14 000 000	300	4 200,00
Gesamtes Festland	148 696 505	753	111 941,17

Tabelle IX.

Übersicht über die Niederschlagsmengen und -höhen in den Einzugsgebieten der einzelnen Ozeane.

Einzugsgebiete	Einzugsgebiet qkm	Niederschlagshöhe mm	Niederschlagsmenge cbkm
Abflufslose Gebiete	31 980 139	328	10 492,69
Atlantischer Ozean	37 379 688	1 247	46 598,95
Mittelmeer	7 179 984	675	4 843,75
Stiller Ozean	15 788 370	853	13 464,58
Indischer Ozean . .	19 587 994	1 277	25 016,22
Nördlich. Polarmeer	22 780 330	322	7 324,98
Südliches „	14 000 000	300	4 200,00
Gesamtes Festland	148 696 505	753	111 941,17
und zwar entfallen hiervon auf			
Abflufslose Gebiete	31 980 139	328	10 492,69
Peripherische „	116 716 366	869	101 448,48
	148 696 505	753	111 941,17

Tabelle X.

Niederschlag, Abflufs und Verdunstung in den einzelnen Breitenzonen der Erde.

Breite	Niederschlag	Abflufs	Verdunstung	Abflufskoëffizient
50 — 60° nördl.	504 mm	146 mm	358 mm	28,92 %
40 — 50° „	508 „	177 „	331 „	34,93 „
30 — 40° „	522 „	147 „	375 „	28,21 „
20 — 30° „	786 „	289 „	497 „	36,78 „
10 — 20° „	947 „	153 „	794 „	16,13 „
10° nördl. - 10° südl.	1 765 „	577 „	1 188 „	32,68 „
10 — 20° „	1 100 „	197 „	903 „	17,88 „
20 — 30° „	638 „	224 „	414 „	35,13 „
30 — 40° „	573 „	62 „	511 „	10,88 „
Peripherisches Gebiet	869 mm	262 mm	607 mm	30,20 %

Tabelle XI.

Berechnung der Abflufskoëffizienten der einzelnen Flufsgebiete und Breitengrade der Erde.

Geogr. Breite	Flufs	Einzugsgebiet in qkm	Niederschlagsmenge		Abflufsmenge		Verdunstung		Abflufskoëffizient
			cbkm	mm	cbkm	mm	cbkm	mm	%
50-60° nördl.	Ob	2 943 125	881,95	299,60	197,10	66,97	684,85	232,69	22,35
	Newa	251 450	133,75	531,91	94,00	373,83	39,75	158,08	70,28
	Düna (Riga) .	85 399	47,26	553,39	6,12	71,66	41,14	481,73	12,95
	Memel	106 535	60,79	570,61	17,88	167,83	42,91	402,78	29,42
	Pregel	13 595	8,01	589,45	1,89	139,02	6,12	450,43	23,59
	Weichsel . .	196 209	136,47	695,52	30,52	155,44	105,95	540,08	22,37
	Oder	114 423	73,30	640,62	17,90	156,43	55,40	484,19	24,42
	Elbe	157 829	121,30	768,55	22,45	142,24	98,85	626,31	18,51
	Weser	48 423	36,77	759,35	9,38	193,71	27,39	565,64	25,51
	Ems	8 210	6,09	741,68	2,26	275,28	3,83	466,40	37,11
	Rhein	201 586	167,32	829,98	74,00	367,08	93,32	462,90	44,22
	Schelde . . .	12 825	9,44	736,00	2,90	226,17	6,54	509,83	30,73
	Wolga	1 409 333	652,44	462,94	206,12	146,25	446,32	316,69	31,59
	Dniepr	512 223	269,34	525,82	70,69	138,00	198,65	387,82	26,26
Zus.		6 061 165	2 604,23	429,67	753,20	124,27	1 851,03	305,40	28,92

Geogr. Breite	Fluſs	Einzugsgebiet in qkm	Niederschlagsmenge cbkm	Niederschlagsmenge mm	Abfluſsmenge cbkm	Abfluſsmenge mm	Verdunstung cbkm	Verdunstung mm	Abfluſskoëffizient %
40–50° nördl.	Don	430 252	173,33	402,85	28,38	65,96	144,95	336,89	16,37
	Dniestr	67 794	37,16	548,13	13,02	192,05	24,14	356,08	35,04
	Donau	804 204	602,03	748,61	195,50	243,11	406.53	505,50	32,47
	Po	74 970	77,07	1 028,07	50,77	677,20	26,30	350,87	65,87
	Tiber	18 190	16,94	931,50	9,20	505,78	7,74	425,72	54,29
	Volturno	8 270	6,51	787,00	2,21	267,23	4,30	519,77	33,95
	Arno	7 930	6,75	851,33	1,48	186,63	5,27	664,70	21,92
	Rhone	98 284	107,72	1 095,94	39,22	399,05	68,50	696,89	36,41
	Seine	76 763	57,46	748,59	15,99	208,28	41,47	540,31	27,83
	Loire	121 240	92,41	762,20	31,06	256,19	61,35	506,01	33,61
	Garonne	84 911	63,77	751,00	35,26	415,25	28,51	335,75	55,29
	Ebro	84 980	47,45	558,40	3,15	37,06	44,30	521,34	6,64
	St. Lorenz	1 029 343	797,95	775,19	303,59	294,93	494,36	480,26	38,05
Zus.		2 907 131	2 086,55	717,74	728,83	250,71	1 357,72	467,03	34,93
30–40° nördl.	Peiho	209 660	110,02	524,75	8,04	38,34	101,98	486,40	7,31
	Hoangho	863 387	373,89	433,06	74,11	85,84	299,78	347,22	19,82
	Yangtsekiang	1 872 360	1 750,08	934,70	685,00	365,85	1 065,08	568,85	39,14
	Mississippi	3 325 759	2 519,06	757,44	592,88	178,27	1 926,18	579,17	23,54
	Colorado	706 043	179,18	253,79	31,25	44,26	147,93	209,53	17,44
Zus.		6 977 209	4 932,23	706,90	1 391,28	199,40	3 540,95	507,50	28,21
20–30° nördl.	Saluen	279 546	278,95	997,89	47,30	169,20	231,65	828,69	16,96
	Ganges	1 581 195	3 045,87	1 931,90	1 200,00	758,94	1 845,87	1 172,96	39,40
	Indus	927 433	417,95	450,64	178,56	192,52	239,39	258,12	42,72
	Rio Grande	632 096	271,51	429,54	50,46	79,83	221,05	349,71	18,58
Zus.		3 420 270	4 014,28	1 173,65	1 476,32	431,63	2 537,96	742,02	36,78
10–20° nördl.	Mekong	923 089	1 066,87	1 155,80	141,91	153,74	924,96	1 002,06	13,30
	Irawadi	430 968	896,24	2 079,60	428,00	993,10	468,24	1 086,50	47,76
	Godavary	355 259	320,77	902,94	70,19	197,56	250,58	705,38	21,88
	Krishna	308 665	340,29	1 102,49	61,58	199,51	278,71	902,98	18,10
	Nil	2 842 341	2 346,90	825,68	100,00	35,18	2 246.90	790,50	4,26
Zus.		4 860 322	4 971,07	1 022,78	801,68	164,94	4 169,39	857,84	16,13
10° nördl. bis 10° südl.	Kongo	3 722 867	4 924,10	1 322,66	1 892,14	508,24	3 031,96	814,42	38,43
	Niger	1 586 090	2 354,96	1 519,33	900,00	567,44	1 454,96	951,89	37,34
	Amazonas	5 780 277	11 371,52	1 967,34	3 153,60	545,71	8 217,92	1 421,63	27,73
	Orinoco	1 086 221	1 400,83	1 289,69	441,60	406,54	959,23	883,15	31,52
	Magdalena	266 000	356,80	1 341,33	236,52	889,18	120,28	452,15	66,29
Zus.		12 441 455	20 408,21	1 629,04	6 623,86	532,40	13 784,35	1 096,64	32,68
10–20° südl.	St. Franzisko	666 681	449,04	673,53	88,30	132,44	360,74	541,09	19,66
	Kunene	152 453	128,74	844,50	15,00	98,39	113,74	746,11	11,65
Zus.		819 134	577,78	705,35	103,30	126,11	474,48	579,24	17,88

Geogr. Breite	Flufs	Einzugsgebiet in qkm	Niederschlagsmenge		Abflufsmenge		Verdunstung		Abflufskoëffizient
			cbkm	mm	cbkm	mm	cbkm	mm	%
20–30° südl.	La Plata . .	2 928 234	3 514,51	1 200,20	1 261,40	430,79	2 253,11	769,41	35,89
	Oranje	830 332	335,54	404,09	91,17	109,80	244,37	294,29	27,17
Zus.		3 758 566	3 850,05	1 024,32	1 352,57	359,87	2 497,48	664,45	35,13
30–40° südl.	Murray . . .	956 516	562,86	588,40	59,92	62,64	502,94	525,76	10,64
	Olifant	67 402	13,90	206,20	2,83	41,99	11,07	164,21	20,36
Zus.		1 023 918	576,76	563,30	62,75	61,28	514,01	502,02	10,88
Insgesamt		42 269 170	44 021,16	1 041,45	13 293,79	314,51	30 727,37	726,94	30,20

Lebenslauf.

Am 14. April 1884 wurde ich, Wilhelm Heinrich Richard Fritzsche, zu Neuwied a. Rh. als Sohn des Königlichen Landmessers Fritzsche geboren und auf den evangelischen Glauben getauft. Ich bin preufsischer Staatsangehöriger. Meine Schulbildung erhielt ich auf dem Realgymnasium zu Frankfurt a. Oder, das ich Ostern 1902 mit dem Reifezeugnis verliefs. Ich studierte dann Mathematik und Naturwissenschaften, unter letzteren vorwiegend Geographie. Von Ostern 1902 bis Ostern 1903 war ich in Halle, von Ostern 1903 bis Ostern 1904 in Göttingen, und von Ostern 1904 an in Halle immatrikuliert, wo ich seit Schlufs des Winter-Semesters 1905/06 noch das akademische Bürgerrecht besitze. Am 3. Mai 1906 bestand ich das Rigorosum.

Zu Lehrern hatte ich die Herren Professoren:

in Göttingen: Baumann, Hilbert, von Koenen, Riecke, Schilling, Voigt, Wagner, Wiechert,

in Halle: Brückner, Cantor, Dorn, Fries, von Fritsch †, Gutzmer, Riehl, Schenck, Ule, Vaihinger, Wangerin.

Zu den Seminarien und Übungen liefsen mich zu die Herren Professoren: Brückner, Dorn, Gutzmer, Ule, Wangerin.

Allen meinen Herren Lehrern fühle ich mich zu grofsem Danke verpflichtet, besonders Herrn Professor Dr. Brückner, der mich zu dieser Arbeit anregte und mich bei der Abfassung freundlichst unterstützte. Für persönliche Mitteilungen, namentlich hinsichtlich der Wassermenge von Flüssen, bin ich dankbar den Herren: Professor Dr. Hahn-Königsberg, Professor Dr. Sievers-Giefsen, Professor Dr. Ule-Halle, Dr. Schott-Hamburg.

Druck von Wilhelm Baensch in Dresden.